



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Biosorción del mercurio a partir del Quitosano obtenido de los  
caparazones de cangrejo (*Romaleon Polyodon*) a nivel de  
laboratorio, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Salas Aparicio, Mishell Victoria (ORCID: 0000-0003-2766-7262)

**ASESOR:**

Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy (ORCID: 0000-0002-8312-6973)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico con todo mi corazón a mis padres Alicia y Eduardo, pues sin ellos no lo habría logrado, por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor, por su sacrificio y esfuerzo, me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones a mis padres por su apoyo incondicional.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Cesar Vallejo, a mi asesor el Mg. Freddy Fillpa Aliaga, por todas las atenciones e información brindada a lo largo de esta investigación, a mi amigo y colega Ing. Jhon por todos sus valiosos aportes en el desarrollo de los procedimientos para automatizar el arduo trabajo de procesamiento de información.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.INTRODUCCIÓN .....	9
II.MARCO TEÓRICO.....	14
III.METODOLOGÍA.....	40
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	40
3.2. Variables y operacionalización .....	40
3.3. Población, muestra muestreo, unidad de análisis .....	41
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.5. Procedimiento de la obtención de datos.....	42
3.6. Método de análisis de datos.....	48
3.7. Aspectos éticos .....	49
IV.RESULTADOS .....	50
V. DISCUSIÓN.....	66
VI.CONCLUSIONES .....	69
VII.RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS.....	71
ANEXOS .....	84

## Índice de tablas

Tabla 1. Métodos usuales para el tratamiento de aguas residuales (ARI's).....	28
Tabla 2. Composición elemental del Hg.....	46
Tabla 3. Materiales de laboratorio.....	47
Tabla 4. Matriz del diseño factorial 2 <sup>3</sup> .....	48
Tabla 5. Resultado del % de desacetilación de quitosano de caparazón de cangrejo .....	53
Tabla 6. Porcentaje de bioadsorción con quitosano.....	55
Tabla 7 Porcentaje de remoción del mercurio.....	56
Tabla 8. Nivel de confianza - Valor-P.....	58
Tabla 9. Valor-P Contrastación de hipótesis .....	59
Tabla 10. Valor optimo.....	63

## Índice de figuras

Figura 1. Estructuras de quitina y quitosano, Fuente: (Carrero Gallardo, y otros, 2019).....	34
Figura 2. Espectroscopia IR, Fuente: (Balanda, 2010).....	35
Figura 3. Selección y lavado de los residuos de caparazones de cangrejo.....	42
Figura 4. Caparazones de cangrejo limpios .....	43
Figura 5. Secado en la estufa de los caparazones de cangrejo. ....	43
Figura 6. Molienda de los caparazones del camarón y tamizado .....	43
Figura 7. Diagrama de bloques para la obtención del quitosano.....	45
Figura 8. Espectro del quitosano, Patrón comercial “Acros”.....	51
Figura 9. Espectro IR del Quitosano, obtenido por desacetilación de la Quitina por el método Químico .....	52
Figura 11. R- cuadrado.....	58
Figura 12. Diagrama de Pareto Estandarizada para Biosorción.....	61
Figura 13. Grafica de Efectos principales para Biosorción .....	62
Figura 14. Malla de la superficie de respuesta estimada .....	64

## RESUMEN

En la presente investigación se estudió el proceso de bioadsorción de Hg utilizando como material bioadsorbente quitosano obtenido a partir de los caparazones de cangrejo (*Romaleon Polyodon*), las pruebas experimentales fueron 8 unidades muestrales con su réplica en un volumen de 250 ml y una concentración inicial de 10 ppm, la variable independiente fue: Biosorción con quitosán.

Se trabajó con las siguientes variables de operación constante: un pH de 4 -6, tiempo de agitación de 6 horas y una velocidad de 250 rpm. el mejor porcentaje de bioadsorción que se obtuvo fue de la muestra BQ-02 tuvo el mayor % de remoción del mercurio (Hg) en un 93.523% que se trabajó con los siguientes factores: con una dimensión de partícula de 425 mm, con un pH ácido de 4 y una relación de biomasa de 6 g/L. A través de un análisis estadístico de Stratgraphics Centurión 18 – X64 se determinó que la interacción de la concentración y el tamaño de partícula tienen un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) en la bioadsorción de Hg, cuyo análisis estadístico revela que la bioadsorción no se ve afectado por la manipulación de ambas variables en este metal, sin embargo, sólo es el tamaño de partícula quien presenta un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la bioadsorción de Hg. Se concluye que este bioadsorbente posee una alta capacidad de bioadsorción para Hg 93.523%.

### **Palabras clave:**

Biosorción, quitosano, tratamiento, Desproteínización, desmineralización, desacetilación, solución.

## ABSTRACT

In the present investigation, the Hg bioadsorption process was studied using chitosan as bioadsorbent material obtained from crab shells (Romaleon Polyodon), the experimental tests were 8 sample units with their replication in a volume of 250 ml and an initial concentration of 10 ppm, the independent variable was: Chitosan biosorption.

The following variables of constant operation were used: a pH of 4-6, stirring time of 6 hours and a speed of 250 rpm. The best percentage of bioadsorption that was obtained was from the BQ-02 sample, which had the highest% removal of mercury (Hg) in 93.523%, which was worked with the following factors: with a particle size of 425 mm, with a pH acid of 4 and a biomass ratio of 6 g / L. Through a statistical analysis of Stratgraphics Centurion 18 - X64 it was determined that the interaction of concentration and particle size have a significant effect ( $p < 0.05$ ) on Hg bioadsorption, whose statistical analysis reveals that bioadsorption does not it is affected by the manipulation of both variables in this metal, however, it is only the particle size that presents a significant effect ( $p < 0.05$ ) in the bioadsorption of Hg. It is concluded that this bioadsorbent has a high bioadsorption capacity for 93.523% Hg.

### **Keywords:**

Biosorption, chitosan, treatment, deproteinization, demineralization, deacetylation, solution.



## I. INTRODUCCIÓN

El metal pesado “mercurio” es un componente que está en forma natural cuyo símbolo químico es Hg, dicha abreviatura proviene del término griego que es “*hydrargyrum*”. En la prehistoria lo creía que era la "primera materia" a partir de la cual se fabricaban todos los metales. (Tejero, 2011)

Pero no se reconoció la necesidad de un tratado a nivel internacional para limitar su aplicación. (ONU, 2017) Es fácil ver por qué el mercurio es tan atractivo: es el único metal líquido a temperatura de ambiente. También es uno de los pocos elementos que interactúan con el elemento más atractivo, que es el oro, en la convención denominada “MINAMATA”, la Unión Europea y sus siete estados miembros ratificaron el primer acuerdo ambiental de nivel internacional que regula la aplicación de mercurio en las actividades o acciones de índole humano. (ONU, 2017)

La contaminación ambiental por la liberación intencional del compuesto de mercurio no es un problema nuevo. Como resultado de la fiebre del oro, una gran parte de los ecosistemas comenzaron a contaminarse poco después del descubrimiento del continente americano. La existencia de trazas del compuesto de mercurio en los cuerpos de agua es a causa de los residuos de las actividades de extracción de mineral, así como a causas naturales (fenómenos geológicos). (Osore, Rojas y Manrique 2012)

El mercurio se ha utilizado en la extracción de oro durante más de 450 años en América del Sur. De hecho, se estima que entre los años (1550 – 1880), los colonos españoles depositaron unas 200.000 toneladas de este mineral solo en Sudamérica. (Torres, 2015)

Se valora que entre 10 y 15 millones de pequeños mineros en todo el mundo excavan, palan, lavan y buscan oro, muchos de los cuales usan el metal pesado (mercurio) para apartar el metal puro del limo. (Dias, 2014)

En los cuerpos de agua, es probable que el mercurio elemental permanezca adherido a los sedimentos y luego sea transportado por las corrientes oceánicas o fluviales. En los cuerpos de agua, los microorganismos pueden convertir el mercurio en metilmercurio, un compuesto organometálico más tóxico en dosis más bajas que el mercurio elemental. (Espinosa, Ortis y Alama 2015)

El metilmercurio ingresa a la cadena alimentaria acuática, se bioacumula y genera bioactividad, que luego puede ser transmitida por especies migratorias, las cuales son rápidamente absorbidas por algas y pelotones, que eran alimento de animales grandes, que a su vez son devorados por animales de mayor tamaño. (Gaona, 2004)

Además, este veneno químico está cada vez más concentrado y se convierte en una amenaza particularmente grave para el desarrollo cerebral de los niños, así mismo a los fetos. La interacción de este mineral con los ecosistemas depende de la forma y tipos químicos en los que está presente, así como de otros factores como el potencial de hidrogeno (pH), las condiciones redox del agua y la presencia de compuestos orgánicos capaces de formar químicos. (Posada y Arroyave, 2006)

En el estado peruano la minería informal es muy crítico, "De las 25 regiones del país, 21 poseen minería ilegal e informal, sobre todo para la extracción de oro, que es el proceso más sencillo, Asimismo, se producen 24 mil kilos anuales de oro por parte de la minería ilegal e informal. A su vez, esto genera 48 mil kilos de mercurio al año, lo cual sí es un elemento contaminante para cualquier organismo". (Cayo, 2019)

Como señalo Molina (2019) "Hay unos 500 mil extractores que realizan minería informal en el Perú. El proceso de formalización es muy complicado y, de no cambiar esta situación, la economía en el Perú seguirá con grandes barreras". (p.15)

En el año 2018, el MEM "Ministerio de Energía y Minerales" tenía previsto formalizar unas 12.000 empresas mineras informales. Pero hoy

la situación es mucho más grave. Entre los años (2001 – 2005), el precio global de una onza de oro aumentó de \$ 280 a \$ 550. Esto provocó una fiebre del oro en Perú. En 2011, el precio de una onza rondaba los 1.900 dólares. Hoy, ronda los \$ 1,400. (Valdéz, Asombrío y Vera, 2019)

En el Perú el tema económico es básicamente informal, Según el INEI (2020) “A diciembre de 2019 la tasa de informalidad fue del 66,4%, y otros estudios económicos, en términos de enfoque estructural, hablan de la economía sumergida, que incluye no solo los rumores que tradicionalmente se entienden como lagunas, sino también la ilegalidad como la producción y distribución de bienes y servicios robados.” (INEI, 2020)

El impacto de la minería ilegal y la creciente presencia de mineros dedicados a esta actividad, tanto en las áreas de trasplante de órganos como en determinadas zonas del país, la alta rentabilidad de la minería aurífera estimuló operaciones mineras acumulativas previamente no registradas en pequeños campos, minería de salvamento y minería ilegal. Estos procesos de producción comenzaron utilizando máquinas. La primera clase es pesada, lo que ha llevado a un aumento en el volumen de la extracción de oro, al mismo tiempo que aumenta los impactos ambientales y sociales. (Serrano, 2011)

Además, en áreas tan diversas como el caso del departamento de Madre de Dios, la minería ilegal se ha convertido en la actividad principal de la economía del área local y de las organizaciones e individuos involucrados en el sector. Y este sector empezó a jugar un papel con mayor impacto en la parte política y social.

De noviembre de 2014 a octubre de 2015 en Madre de Dios, el Centro de Salud Ocupacional y Ambiental, autorizado por el MINSA, recolectó hasta cuatro veces más muestras de orina del pueblo nahua. Pueblos indígenas, en todos estos casos a veces se encuentran altas concentraciones de este metal pesado, especialmente en niños menores de 12 años, Bono es el segundo mayor productor de oro del país, incluida

la minería manual (MINEM, 2017), que se da en el Regiones Amazónica y Andina.

En el departamento de Puno, en el distrito minero de La Rinconada, 50.000 habitantes viven todo el año en duras condiciones, dedicados a la minería pequeña y manual; Distribuida en las ciudades de La Rinconada, Rete Cocho y Lunar de Oro, la más poblada de las cuales es La Rinconada. La contaminación del río Ramis se debe, sobre todo, a las actividades mineras informales que se desarrollan en la región de Ananea. (Salcedo, Ccancapa y Loza 2019)

El río más importante de Puno es el “Ramis”. Atraviesa las provincias de Azángaro, Melgar, Sandía, entre otras, las denuncias por la contaminación de sus aguas datan de hace años, además una de las principales razones de este atentado ambiental son los relaves expulsados por las mineras informales que operan en distritos como Ananea, Cuyocuyo, Crucero y más. (Guerrero y Zabala, 2018)

En un informe presentado por la Sociedad Geológica del Perú, (2012) “Se determinó la existencia de sedimentos de metales pesados en varios sectores de la cuenca del río Ramis que, con el paso de los años, y en posteriores inspecciones e investigaciones, se ha observado que esta problemática no ha mejorado”.

En un informe del (MINAN, 2014), ya se había determinado que este lago tiene “*concentraciones de metales pesados y metaloides*”, como consecuencia de la actividad minera.

Se sabe que la cuenca del río Ramis está contaminada por la minería y el uso de minerales, por lo que existe un alto riesgo de contaminación con metales pesados, especialmente mercurio (Hg °), que pueden tener efectos negativos en la parte ambiental y la salud de las personas.

Así mismo, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017) “La producción acuícola de crustáceos en el Perú se incrementó de 1 150 toneladas en 1980 a 90

976 toneladas en el 2015, generando así una gran cantidad de residuos en el procesamiento de los crustáceos (langostas y camarones) que han sido desechados al ambiente por mucho tiempo”.

El planteamiento del **problema general** de esta investigación es ¿Cuál es la efectividad del quitosano obtenido a partir de caparazones del cangrejo (*Romaleon polyodon*) para la biosorción del mercurio? Y **problemas específicos** se tiene, ¿Cuál será el grado de desacetilación del quitosano obtenido a partir de los caparazones del cangrejo (*Romaleon polyodon*) ?, ¿Cuáles serán los factores físico-químicos óptimos en el proceso de biosorción con quitosán en la remoción del mercurio?, ¿Cuál será la concentración final del mercurio en el proceso de biosorción con quitosano?

La Presente investigación **justifica** a través de esta investigación el proponer una alternativa innovadora para remover el mercurio utilizando los residuos de los caparazones del cangrejo del Mercado Palomar. se sabe que la contaminación del agua es un problema existente, que prevalece a lo largo de los años sobre todo por causa de la liberación intencional del mercurio proveniente de la minería ilegal e informal, que tiene como consecuencia, impactos negativos en los cuerpos de agua (rios, mares, lagos, etc).

De tal manera que el **objetivo general** de esta investigación es, Determinar la efectividad de remoción del mercurio mediante el quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo (*Romaleon polyodon*), mientras que los **objetivos generales** son, Determinar el grado de desacetilación del quitosán obtenido a partir de los caparazones del cangrejo. Determinar los factores físico-químicos (dimensión de partícula, Ph y dosis de biomasa) óptimos en el proceso de biosorción con quitosán. Determinar la concentración final del mercurio en el proceso de biosorción con quitosano.

Y finalmente se estableció como **hipótesis general** que el quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo (*Romaleon polyodon*) es efectivo para la remoción del mercurio.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Morún (2011), en su tesis “Eliminación de Metales Pesados de Aguas Residuales con Membranas de quitosano”, tuvo como objetivo estandarizar las membranas de quitosano. En cuanto a la metodología realizó la incorporación de membranas de quitosan en la remoción de metales presentes en las aguas residuales, se han desarrollado tres etapas sistemáticas:

- Preparación de membranas y entrecruzamiento
- Propiedades mecánicas y físicas de las membranas
- Eficiencia de las membranas en la eliminación de metales pesados presentes en las aguas residuales.

En la cual la eficiencia fue de 23.05% Cr, 14.10% Cd, 16.09% Cu en películas reticuladas ha demostrado ser muy exitosa, la aplicación de películas de quitosano con investigación uno a uno supera el 50% de eficiencia, controlando los factores anteriores.

Buitrón (2015), en su proyecto de investigación “Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano”, tuvo como objetivo evaluar al quitosano como adsorbente de metales pesados como el cromo y níquel en soluciones acuosas. En cuanto a la metodología, preparo soluciones con concentraciones de 500 y 5mg/L para Cr (VI), 50 y 3mg/L para Ni (II). La biosorción del quitosano se realizó en función de dos variables, mediante un diseño factorial 3x3 (cantidad de quitosano :1, 3 y 5 g y tiempo de residencia:30, 60 y 90 minutos). También se obtuvo el quitosano a partir de las cáscaras del camarón, mediante la desmineralización y desacetilación logrando un 80,82% de grado de desacetilación con una capacidad de sorción de Cromo hexavalente de 49,019 mg  $Cr^{+6}$ /g Quitosano y para el níquel de 108,696 mg  $Ni^{+2}$ /g Quitosano. Las eficiencias de biosorción obtenidas para Cr (VI) en altas y bajas concentraciones son de 27,30% y 46,86% respectivamente. Se concluyó se demostró que a mayor cantidad de biosorbente mayor será la cantidad del metal adsorbido.

Según Rodríguez (2011), en su proyecto de investigación “Adsorción de metales pesados mediante biocompositos con base en quitina de diferentes grados de acetilación”. Aplico la metodología experimental y se empleó un diseño factorial, tuvo como resultados:

- biocompositos es de 50%
- biopolímeros es de 70%

El biocomposito de quitina tiene una alta capacidad de sorción de Pb (21 mg/g) todo lo contrario sucede con el Cd 2.9 (mg/g) a un potencial de hidrogeno de 4.25.

Según Benavente, Sjørén y Martínez, (2007) en su proyecto de investigación “Remoción de mercurio de efluentes mineros por biosorción: un caso de estudio en la ciudad de La Libertad, Chontales, Nicaragua” tuvo como objetivo, estudiar la eficacia del quitosano en la eliminación de mercurio en aguas residuales. Utilizando un método puramente experimental, se determinó la capacidad de sorción del Hg en quitosano a diferente potencial de hidrogeno, se estudió la cinética de sorción a concentraciones diferentes. Sus resultados mostraron que la adsorción de iones de mercurio era independiente del potencial de hidrogeno en el rango de ácido – base (4-10) y que la capacidad se redujo significativamente a un pH 2. Los estudios cinéticos mostraron una fase inicial rápida de adsorción después de la cual la fase es la más lenta. Por otro lado, verificar que los datos experimentales sean consistentes con el modelo de Langmuir y determinar, utilizando este modelo, una capacidad de absorción de 106 mg/g de quitosano.

Según Quevedo y Tafur (2014), en su proyecto de investigación “Alternativa para el tratamiento de aguas residuales cromadas con quitosano extraído del exoesqueleto de camarón”, Planteo evaluar una alternativa para tratar aguas residuales utilizando quitosano. Donde realizo una comparación de la eficacia del QE con el quitosano comercial (QC). Tuvo como resultado una eficiencia > a 45% en la eliminación de

contaminantes con el QE la cual se presenta como alternativa innovadora en el tratamiento de ARI's.

Según Mora *et al.*, (2012), en su trabajo de tesis "Elaboración de membranas de quitosano para la eliminación de metales pesados de aguas industriales", tuvo como objetivo en su investigación obtener membranas a base de quitosano para la eliminación total o parcial de metales pesados del agua como Cr, Cd y Cu, el método se combina en la preparación de membranas de laboratorio, un proceso de pérdida magnética de tres a cuatro días, para hacer una solución de quitosano en El ácido acético una vez obtenida la membrana, se coloca en un dispositivo de filtrado donde se bombea el agua contaminada, trabajando con un filtro o filtro, obteniendo así agua libre de minerales .

Ccancapa Salcedo (2015), en su proyecto de investigación, "Contaminación del agua superficial y sedimentos por mercurio en la rinconada, originado por la minería informal (Ananea- Puno)" Evaluó la contaminación por Hg de aguas superficiales y sedimentos en la zona de Rinconada, a causa de la minería informal. Su metodología se define como descriptivo y sus variables fueron medidos en 3 repeticiones. Utilizo un diseño estadístico de bloques completos al azar (DBCA), obteniendo como resultados, en el mes de diciembre el contenido de Hg fue 0.00005 mg/l al igual que el mes de enero y en marzo fue 0.00034 mg/l superior al resto de meses ( $P>0.05$ ).

Según Pérez (2018), en su proyecto de investigación titulado "Efecto del biopolímero (quitosano) para la remoción de cloruros en aguas procedentes de la producción petrolera, Ucayali, Perú". "Su objetivo general es determinar el efecto del quitosano sobre la eliminación del cloruro de agua de la producción de petróleo. La metodología que utilizo fue la convencional, y se hace agregando 0.5% de quitosano en dosis de 30, 60 y 120 ml/L con 4, 7, 10 de potencial de hidrogeno con agitación continua; como resultado del % de remoción de cloruro fue de 66 en 12 microcuena quebrada Paráac, Distrito de San Mateo de Huanchor,



Lima.” Planteo determinar cuáles eran los impactos de los “pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la micro cuenca quebrada Párac”. Su metodología se define como Descriptiva – Aplicativa;

- Metodología de Trabajo de Campo
- Metodología de Análisis de Muestras
- métodos cuantitativos
- métodos cualitativos

Tuvo como Conclusión general, que en los relaves de Milotingo existe la presencia de minerales sulfurados, lo que conlleva a procrear aguas ácidas.

Según Ramos (2017), en su proyecto de investigación titulada “Bioadsorción con quitosano para la remoción de metales pesados en aguas residuales de las curtiembres” removió el cromo (VI) con quitosano obtenido de caparazones del cangrejo mediante procesos como:

- desproteinización
- desacetilación
- desmineralización

Donde el Quitosano presento un grado de desacetilación del 80,28% utilizando un tamaño de partícula del bioadsorbente de 250 micrómetros, Donde puso en contacto el agua residual de la curtiembre con el polímero de Quitosano obtenido de los caparazones de los y logro remover un 61,17% y 58%,75 de cromo (VI) en concentraciones de 1.87 y 3,96 mg7L de cromo (VI), la biosorción se ajustó al modelo de Lagmuir, por lo cual estableció que la capacidad máxima de remoción, para el compuesto de cromo (VI) fue de 48,54 mg  $Cr^{+6}$ /g quitosano, el tamaño de partícula de quitosano más optima fue de 250 $\mu$ m, con un pH 5 y la relación de biomasa de 0.6 gramos.

El agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, es una de las sustancias más nobles que existen en la naturaleza, se presenta en 3 estados de la materia (líquido, sólido, vapor) y puede mantenerse durante muchos años preservando su calidad, si no se ve afectado por la contaminación, cubre aproximadamente el 71% de la corteza terrestre formando los océanos y ríos, etc., además de ser una parte constitutiva de todo organismo vivo. (Auge, 2007)

De tal manera que el problema del recurso hídrico es su distribución y su difícil accesibilidad para ser utilizada por el ser humano el 96.5% es agua salada que se encuentra en mares y masas oceánicas solo un 3% del agua en el planeta es dulce y el 1.74% se encuentra en forma de hielos, glaciares y casquetes polares que hoy en día como consecuencia del cambio climático se están derritiendo, el agua es indispensable para que la supervivencia de la especies continúen y para que el mundo siga desarrollándose económicamente . (Schafer y Escobar, 2009)

El ciclo del agua describe la presencia y el movimiento del agua en la tierra y sobre ella. La cantidad de agua existente en la tierra es la misma y está en constante movimiento debido a la acción de la energía solar y a la fuerza de la gravedad y cambia constantemente de estado desde líquido, a vapor a hielo y viceversa (ONU, 2020), y es relevante que se produzca en un habitat con bajos índices de contaminación de tal manera así pueda mantener su pureza, el accionar del ser humano altera este proceso natural con actividades industriales y por ende impacta negativamente al ciclo del agua. (Cirelli, 2012).

El agua es de vital importancia para nuestra continua existencia en la tierra y el medio ambiente que nos rodea y muy esencial para la economía en diversos sectores. (GEOGRAPHIC, 2019)

El agua es un compuesto necesario para la vida, conocer y comprender sus características es importante pues así entenderemos las implicaciones que tiene en la vida de todo el planeta, como son sus propiedades fisicoquímicas del agua. (Peralta, 1993)

Según Barrenechea (2004), Desde el punto de vista fisicoquímico, las propiedades o características del agua son:

- Calor específico
- Calor de fusión
- Calor de evaporación
- Tensión superficial
- Adhesión
- Viscosidad
- Constante dieléctrica: es la propiedad de los solventes de separar iones de cargas opuestas.
- Hidratación: capacidad de rodear los iones con moléculas de agua
- Hidrolisis: reacción química donde interviene una molécula de agua y reacciona con otra diferente.

Existen diferentes tipos de fuentes de agua en la naturaleza como son los:

Las aguas superficiales provienen de las precipitaciones que no se filtran en el terreno también provienen de las aguas que no regresan a la atmósfera por evaporación, de tal manera que existen 2 tipos. (Torres, Cruz y Patiño 2009).

- Aguas lóaticas
- Aguas lenticas

Las aguas loticas son cuerpos de aguas que están en movimiento como los ríos, arroyos o riachuelos y en aguas lenticas son masas de agua

que no tienen movimiento como lagos, lagunas y pantanos (Torres, Cruz y Patiño 2009).

Los ríos se caracterizan por un flujo continuo de agua desde una fuente de tierras altas hasta lagos, humedales o mares de tal manera que los ríos son alimentados por arroyos o manantiales que forman parte de un canal costa y una llanura aluvial todos los ríos tienen cauce de diferentes tipos como arenosos y planos o fangosos o también llenos de malezas, los ríos constituyen un hábitat importante para los peces, animales y plantas. (Hernández, 2018)

El agua subterránea se origina gracias al agua que se vierte en el suelo y una vez en el subsuelo pueden acumularse de distintas maneras y a distintas profundidades, incluso puede abrirse espacio entre la roca formando paisajes subterráneos y se conoce como acuífero el agua subterránea se extrae mediante pozos sin embargo hay ocasiones donde estas aguas subterráneas afloran a la superficie en forma de lagos y manantiales. (Foster, 2003)

El agua del mar es un fluido dinámico que interactúa con la atmósfera y la superficie sólida de nuestro planeta su influencia va mucho más allá del medio marino porque no solo actúa sobre la costa también puede acondicionar el clima extensas zonas litorales, desde el punto de vista físico el agua del mar es una disolución de sales minerales en agua pura que proviene de la descomposición de las rocas de las montañas que son transportadas por aguas continentales, la salinidad es la cantidad de sales minerales que hay por kilogramo de agua el valor medio de todos los océanos es de un 35% gr/L, la salinidad no es un valor constante ya que varía durante el año y según también las condiciones ambientales (Turabián y Pérez, 2015).

Los Glaciares según Fernández y Ferrando, (2017) “se forman en lugares donde cae más nieve durante el invierno de la que se derrite

en el verano y la temperatura ambiental siempre está por debajo del punto de congelación tanto que permite la acumulación de casi toda la nieve para que se transforme en hielo glaciar por una serie de procesos”, actualmente los glaciares cubren el 10% de la superficie terrestre y forman parte de dos ciclos, el ciclo hidrológico y el ciclo de las rocas por estar en contacto con la atmósfera la biosfera y la superficie terrestre, un glaciar es una masa de hielo de gran grosor que se origina a consecuencia de la acumulación, compactación y recristalización de la nieve suave y esponjosa, los glaciares son agentes erosivos que influye sobre la superficie de la tierra.

También existen varios tipos de glaciares según (ANA, 2013)

- Glaciares de valle o alpino: son relativamente pequeños, se localizan en zonas montañosas elevadas y en valles que fueron ocupados por corrientes de agua.
- Glaciares de casquete: tienen una mayor dimensión debido a la poca radiación solar que perciben los polos terrestres, actualmente solo existen dos glaciares que alcanzan este estatus .
- Glaciares de meseta: tienen semejanza con las plataformas glaciares que se forman cuando un glaciar de casquete pierde parte de una de sus capas de hielo enterrando paisajes. El glaciar de meseta tiene un menor tamaño.
- Glaciares de pie de monte: se encuentran en tierras bajas en las montañas escarpadas y se forman a partir de glaciares alpinos que surgen de paredes de confinamiento de valles de montañas

Hablemos de la contaminación del agua que sin duda el agua potable es esencial para la vida, ahora el aumento de consumo de agua, el mal uso del agua, y sobre todo la mala disposición final del agua ha llevado a una situación crítica no solo en el país sino a nivel mundial, la calidad

del agua que se recibe si bien está dentro de los estándares de potabilidad muchas veces no satisface al usuario y prefiere consumir agua embotellada o agua filtrada sin duda es un problema, En los últimos tiempos la conciencia ambiental ha tomado fuerte relevancia, pero aun así no ha cambiado nuestra actitud, el aumento de la población mundial las necesidades que cada vez aumentan, hacen que dispongamos más del agua, pero sin cuidado alguno. Gonzales *et al.*, (2014)

El agua en pleno siglo XXI empiezan a mostrar señales de agotamiento el desarrollo y crecimiento económico está trayendo diversas dificultades, la sobre explotación de la tierra y el consecuente impacto ambiental viene deteriorando las fuentes hídricas lo que antes se creía que era una fuente inagotable hoy es considerado entre los recursos más vulnerables a la contaminación y al cambio climático. (Forno y Pauwels, 2010)

La calidad del agua queda comprometida por la presencia de agentes de diversos orígenes como es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en fuentes de agua (río, mar, cuenca, etc) . Dando origen a la desequilibración haciéndola no apta para el consumo y por ende dificultando la vida acuática, ya que altera de manera negativa el recurso hídrico, la contaminación de estas masas de agua son por consecuencia de vertimientos industriales que no cumplen con la normativa y política ambiental de tal manera que sobrepasan los parámetros fisicoquímicos y biológicos, alterando la calidad del agua, y como resultado pueden causar daños a la salud y al medio ambiente, su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente, de tal modo que existe el LMP (límite máximo permisible) que mide la concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos, biológicos que alteran y contaminan el agua. (MINAM, 2016)

En el Perú existe un decreto supremo el cual nos indica que hay aguas con ciertas características que pueden usarse para ciertos usos D.S. 004-2017-MINAM y se habla de ECA (estándar de calidad ambiental) que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos, biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Es de relevancia para el diseño de normas legales . (MINAM, 2016)

La contaminación del recurso hídrico tiene “origen natural” y un “origen antrópico”, y se pueden clasificar según criterios muy diversos:

Microorganismos Patógenos son capaces de producir una enfermedad en el hombre y existen 3 grupos que son los más importantes el primero grupo de las bacterias que producen distintas sustancias que pueden enfermar a nuestro tejidos, el segundo grupo corresponde a los virus no son seres vivos sino más bien pequeñas partículas compuestas con una capsula proteica que los envuelve de material genético que son ácidos nucleicos, los virus debes ingresar a la células ya que solo ahí podrán replicarse, otro grupo son los hongos que pueden ser organismos unicelulares . Y así existen diferentes tipos más, que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos organismos, patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo en niños. (Castellanos, Poveda y Rivero 2013)

Los desechos Orgánicos provienen de los seres vivos como las sobras de lo que consumimos y estos se descomponen rápido y naturalmente, también provienen del ganado que son sus heces pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas (ONU, 2019).

La DBO mide el oxígeno que se consume en un determinado volumen de agua en un plazo fijo de tiempo (5 días), a una temperatura estándar de (15°C) y en condiciones de oscuridad. (Ramos, 2005)

La contaminación química se basa en la alteración o modificación peligrosa del estado natural que posee un medio que se causa por introducir un elemento totalmente desconocido en un medio y trae como efectos un desequilibrio, daño y malestar de un ecosistema se puede entender como toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que puede provocar o lesionar la salud de las personas o crear un efecto negativo en el medio ambiente y pueden aparecer en todos los estados físicos como los metales pesados que muy tóxicos que provocan la ruptura de las cadenas tróficas y del proceso reproductivo de los peces condenando a ríos y lagos a una lenta pero implacable disminución de su fauna lo cual lo hace imponible para los animales algunos agentes químicos como el cianuro y el ácido sulfúrico, utilizados por compañías mineras para la separación del material deseado del mineral en bruto (Conant y Fadem, 2011).

Las partículas radioactivas, el núcleo de los átomos está compuesto de protones y neutrones y luego están los electrones que orbitan a su alrededor el número de protones caracterizan los elementos, pero si con el mismo número de protones variamos los neutrones tenemos isótopos diferentes, las partículas radioactivas pueden afectar el agua subterránea y contaminar la potable también podría liberar partículas en el océano, (Autino, Romanelli y Ruiz, 2013).

Las cantidades de material radioactivo tienen un gran efecto ya que la radiación no se ve si se huele, la radiación puede provocar un gran cambio en los seres vivos, plantas etc.; provocando enfermedades. Es soluble en el agua y va acumulando cadenas tróficas, que llegan a alcanzar concentraciones altas en algunos tejidos vivos, la contaminación radioactiva se da por un fenómeno físico, las partículas



emitidas como producto de la desintegración radioactiva del núcleo atómico son alfa, beta o gamma. (Guevara, 2015)

Podemos definir la contaminación térmica está basada en la descomposición de la calidad del agua y del aire puede afectar a la calidad de vida por la subida de la  $T^{\circ}$  o bajada de  $T^{\circ}$  que afecta de manera directa y negativa a los seres vivos. Bellakha *et al.*, (2009)

El funcionamiento de un reactor de agua a presión es el más abundante en el mundo, el uranio se encuentra en los elementos combustibles dentro de la vasija del reactor que es como una olla a presión donde el agua circula para funcionar como moderador y refrigerante que extraerá el calor generado por las fisiones que es el circuito primario y lo normal es que tengas hasta 4 circuitos que extraen el calor que se produce dentro del núcleo, la parte superior es vapor y tiene una duchas para disminuir la presión. En el generador se enfría el agua ya que en esos tubos hay agua pero a menor temperatura, luego el agua se convierte en vapor se traslada hacia unas turbinas y sirve para expulsarlas a una gran velocidad, también es necesario tener un foco frío es decir se tiene que conseguir que pase a algo más frío por el interior del condensador, el circuito terciario puede contener habitualmente agua de un río de un lago o directamente del mar se pre calienta y se impulsa a través de unas bombas hacia el generador de vapor.(Guadarrama ,2016)

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que tienen efectivamente mayor peso molecular se ha designado a aquellos metales que son más contaminantes y tóxicos en su mayoría son tóxicos para el medio ambiente, podemos destacar el mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. (Facsá, 2017)

El mercurio es el elemento sumamente raro y conductor de electricidad que actualmente se usa en la electrónica y en la extracción de oro así

que la peligrosa sustancia es ampliamente utilizada por el hombre, conocido como un metal sumamente peligroso ya que a lo largo de los años impactos negativos en el medio ambiente y en la salud, este metal ha sido utilizado ampliamente en la industria y en la medicina . (Apaza, 2016)

Se trata de una especie en mineral en verdad insólita y singular pues permanece líquida a T° ambiente, penetra la sustancia de todos los metales y hasta puede disolver algunos haciendo quebradizos a otros el hierro flota en él, su lustre plateado ofrece una alta toxicidad, no es esencial para ningún proceso biológico, se acumula en la mayoría de seres vivos, Es un mortífero tóxico en la naturaleza, y existen sulfuros de mercurio. (Lostaunau, 2000)

Estar expuestos libremente al mercurio por la liberación intencional de malas prácticas en la industria como se resalta en la actividad minera da como consecuencia a enfermedades como intoxicación catalogada como mercurialismo o hidrargirismo. En el ser humano se presenta síntomas como vómito, mareos, pérdida de apetito etc. Que puede llevar a la muerte. (Ramírez , 2008)

El cadmio Cd utilizado ampliamente en la industrias y que se encuentra en la corteza terrestre se denomina como un contaminante al momento de extraer el cobre que por consiguiente causa daños negativos al ser humano y animales, el cadmio en concentraciones altas puede provocar en el organismo daños a órganos del cuerpo humano como hígado, pulmón, riñón etc., en la agricultura se utiliza fertilizantes que contienen Cadmio lo cual produce acumulación por Cd en plantas y animales considera que la mayor cantidad de Cd en el suelo proviene del uso de fertilizantes de fosfatos para la agricultura , lo cual produce que se acumule en cadena alimenticia en plantas y animales. (Martínez , 2013)

Se conoce como uno de los elementos más carcinógenos y tóxicos el Arsénico (As), generando una cadena de daños ambientales en el mundo representando, el As está presente en pozos de agua y de allí puede pasar a la cadena alimenticia del ser humano de distintas formas principalmente a través de los peces local es un problema de salud pública generar una contaminación secundaria y ser ineficientes a bajas concentraciones de arsénico. (Carabantes y Fernicola, 2003)

La actividad minera provoca la generación de distintas formas toxicas al arsénico y el más toxico es el arsenito o arseniato que es 70 veces más toxico 10 veces más toxico que el arseniato el cual es solo un poco soluble al agua y menos biodisponible. (Rangel, 2015)

El Cromo (Cr) se utiliza principalmente en la metalurgia para aportar resistencia a la corrosión. Es un elemento vital para el ser humano. Pero en altas concentraciones resulta toxico. (Alvarado, Blanco y Mora, 2002).

En los recursos hídricos el Cr se presenta de manera soluble, no puede ser transportado por el agua generalmente queda como sedimento en el fondo de un lago, ríos, lagunas, etc. Y esto genera un impacto negativo ya que algunos peces se alimentan del fondo. (Chávez, 2010)

Se sabe que el contacto con el plomo envenena a las personas dejando como daños por ejemplo la esterilidad en mujeres, y diversas enfermedades, la mala utilización de este metal en actividades como la minería legal e informal seguirá cobrando más víctimas, la mayor parte del plomo en la tierra inicio a una distancia segura de los seres vivos bajo la superficie pero hace unos 8500 años los humano empezaron a deducir como cavar en la tierra y extraer los metales de la roca, porque el plomo es tan venenoso, porque cuando entra a nuestro cuerpo el plomo imita a otros metales como zing y el hierro que nuestras células de echo necesitan para crecer y prosperar. (Poma , 2008)

### Métodos para la remoción de Metales pesados:

Los severos impactos ambientales y salud que se manifiestan por la existencia de elevadas concentraciones del elemento pesados en los cuerpos de agua, como resultado de los diferentes procesos mineros, se han ejecutado varios métodos y proceso eficientes para la remoción del mercurio.

Las existencias de los métodos comunes para los tratamientos de las aguas residuales industriales con presencia de metales son: redox (reducción-oxidación), precipitación, intercambio iónico, filtraciones, tecnologías de membrana, tratamientos electroquímicos y la adsorción. (Caviedes *et al.*, 2015)

Tabla 1. Métodos usuales para el tratamiento de aguas residuales (ARI's).

METODO	DESCRIPCION
Precipitación	Es la formación a una fase sólida, por la acción del reactivo a los elementos no solubles de los compuestos no deseables incluidos en una solución .
Oxidación - reducción	Es la reacción donde se ceden los electrones ( $e^-$ ) a través de las moléculas dadoras a las captoras. Los reductores y oxidantes se adicionan para la desinfección de agua, el aniquilamiento de los cianuros (CN-), la reducción de cromo y el grabado de metales .
Intercambio iónico	Es el mecanismo de la interacción electrostática, dada por las fuerzas de atracción de Coulomb, se da en una disolución intercambiando un ion con otro del mismo signo al encontrarse unido a una partícula solida estática .

Biosorción	Es utilizada para la eliminación de compuestos de una forma individual de una mezcla de las fases gaseosas o líquidas. El compuesto a remover se da físicamente y químicamente a una superficie sólida.
Tratamiento electroquímico	Utilizan la transformación de la interacción de la energía eléctrica y química.
Tecnologías de membrana	Es la retención de SS (sólidos suspendidos) y diferentes sustancias y deja pasar la fase líquida (agua), donde la membrana es como un filtro .
Filtración	Es uno de los métodos más antiguos que consta de la separación. Es una técnica físico-mecánico para separar combinaciones de sustancias en diferentes fases .

Fuente: (Reyes, 2016)

La industria minera es una de las actividades más importantes de nuestro país lo que constituye el 15 % del PBI nacional representa un 40% en recaudación tributaria y tiene una participación aproximada de 55% en las exportaciones, además es una fuente de trabajo importante que involucra a 820.000 trabajadores, fomenta la descentralización de la actividad productiva. (Pacheco, 2017)

Perú es el segundo productor mundial de plata y se calcula que las reservas de plata peruanas son las mayores del mundo, también es el segundo productor mundial de cobre, es el cuarto productor en zinc y plomo, y el sexto productor mundial de oro, hoy en día la abundancia mineral del Perú es causa de conflictos entre las empresas que realizan la extracción y el gobierno que tarda en fiscalizar a algunas empresas, la sociedad civil que sufren los daños al medio ambiente y en ocasiones a la salud. (Kuramoto y Glave, 2007)

La contaminación ambiental, la extracción ilegal a los recursos minerales y la desconfianza por parte de las comunidades, en reiteradas ocasiones terminan en manifestaciones violentas, entre varias mineras siguen entre la permanencia y el cambio el Perú siguen conviviendo las más diversas formas desde el minero artesanal que junta trabajosamente piedrita por piedrita hasta la enorme mina valiéndose en lo último en tecnología produce miles de kilos de metal precioso todos buscando hacerse de una parte de la riqueza de los suelos aunque a veces lleguen a poner en peligro la salud de la población y del medio ambiente encontrar el equilibrio entre la necesidad económica y la fragilidad de la naturaleza es el gran desafío. (MINAN, 2013)

La codicia del hombre por el oro genero actividades ilegales como la minería ilegal extrayendo oro de zonas protegidas, áreas indígenas, bosques etc. Haciendo del Perú que aún se reconoce como una de las zonas más biodiversas del planeta en una de las zonas más contaminadas por la minería ilegal e informal (Larrain, 2012)

La minería informal es aquella que puede ser legalmente viable pero sus operadores aun no completan los requisitos exigidos por el Estado, A sí mismo la minería informal está compuesta por aquellos operadores mineros que no son legales y que han iniciado un proceso de formalización, cumpliendo con las distintas etapas establecida por el estado (MINAN, 2013)

Según Jose de Echave (2016) “la minería ilegal promueve, realiza y dispone de medios de organización que actúa al margen de los mecanismos del control del estado y evaden sistemáticamente las normas legales pertinentes, Asimismo, los extractores ilegales apoderan concesiones y terrenos de propiedad privada del estado, la ilegalidad en la que se desenvuelve esta actividad y la variedad de

conflictos que traen”; posicionan a los extractores ilegales en situaciones de duda e inseguridad jurídica a lo que contribuiría a un estado de temporalidad, la extracción ilegal es subsistente para los micro extractores, pues los ingresos son bajos”. (Aduvire , 2006)

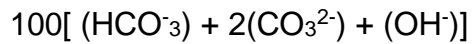
De tal manera esto disminuye toda posibilidad de asumir los costos requeridos para el adelanto de la situación ambiental y condiciones de seguridad además de explotar todo tipo de recurso con pocas probabilidades de recuperación sin tener ningún cuidado por el medio ambiente, ponerle fin minería ilegal y llegar a la formalización minera es un trabajo de largo alcance que debe de ser asumido con una política multisectorial de estado. (Diaz y Fernandez 2018)

Según Tejada y Sarmiento (2011) “El agua se utiliza en los procesos de explotación y en aquellos como los de concentración por flotación, en la fusión y electro refinación, o en el proceso siderometalúrgico, el que consta de lixiviación, extracción por solventes y electro obtención, cada proceso u operación unitario de la minería utiliza en mayor o menor medida volúmenes de agua para contribuir a la eficiencia del proceso”

Según Peña y Araya (2021) Dentro de la minería existen agentes contaminantes como el drenaje alcalino Que debido a las explotaciones mineras las aguas alcalinas según según Peña y Araya (2021) “se producen cuando las filtraciones desde la superficie o desde acuíferos suprayacentes circulan a través de materiales calizos y dolomíticos, disolución del carbono cálcico con la presencia de anhídrido carbónico en el agua” y da lugar a esta ecuación:



El ion bicarbonato en el agua es el que marca la alcalinidad de estas, y se mide en mg/l y se estima de la siguiente manera.



Este tipo de drenaje alcalino no son muy comunes, pero en algunos casos llegarían a ser muy dañinas como las de drenaje ácido, la materia rocosa recién excavado dará una mayor aportación de contaminantes ya que en las superficies son más lexiviables las aguas alcalinas algunas contienen altas concentraciones de hierro ferroso, que al llegar a su oxidación e hidrólisis puede llegar a cambiar a tipo ácido esto más mayormente común en minas subterráneas que en las de tajo abierto. (Sánchez y Ferreira 2016)

Drenaje Ácido de la Minería (DAM) determinados yacimientos de explotación por ejemplo de carbón, sulfuros metálicos, hierro etc., están expuestos a las meteorizaciones enormes cantidades de minerales sulfurosos que pueden llegar a formar un drenaje ácido, y esto ocurre cuando el sulfuro se pone en contacto con el oxígeno y el agua, en condiciones favorables para su oxidación química es por bacterias. (Aduvire , 2006)

el drenaje en minas de metal presenta un problema más severo en el medio acuático, porque los agentes prioritarios de contaminación como Cd cadmio, Pb plomo, Hg mercurio, Cu cobre y Zn zinc. Pueden estar presentes en altas y tóxicas concentraciones Puente *et al.*, (2017)

existe una bacteria "Tiobacillus Ferrooxidante", que se utiliza para extraer minerales sulfatados de las rocas están pueden excavadas en mina subterránea o a tajo abierto, dicha bacteria reacciona al agua y al aire para crear es ácido sulfúrico, de tal manera que acelera el proceso de oxidación y acidificación que lixivia a un más los residuos de metales. (Salas *et al.*, (2020)

Según Aduvire (2006) "El DAM degrada severamente la calidad del agua y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible."



La contaminación por metales pesados ocurre cuando metales entran en contacto con rocas excavadas o expuestas en vetas de minas subterráneas. Los minerales se extraen y transportan río abajo, mientras que el agua lava la superficie de las rocas. Aunque los minerales pueden desplazarse en condiciones de pH, como los del drenaje ácido de las minas. (Rodríguez, 2017)

En el caso de erosión y sedimentación según Gonzáles *et al.* (2014) “El desarrollo minero perturba el suelo y las rocas en el transcurso de la construcción y mantenimiento de caminos, basureros y excavaciones a la intemperie, por la ausencia de prevenciones adecuadas y estrategias de control, la erosión de la tierra expuesta puede transportar una gran cantidad de sedimentación a arroyos, ríos y lagos, la sedimentación excesiva puede obstruir riveras, la delicada vegetación de estas y el hábitat para la fauna y organismos acuáticos”. (pág. 4)

Ya en la etapa donde los minerales ya fueron procesados, se crean residuos, desperdicio minero “las escombreras” que también conlleva metales pesados tóxicos y da paso a formaciones de ácido mineral, que pueden contener contaminantes químicos como el cianuro o ácido sulfúrico (Huisa, Tejada y Sarmiento, 2011).

Según Mármol (2011) “El quitosano un Biopolímero natural que se obtiene de la quitina por métodos químicos, electroquímicos o enzimático, químicamente es una Poli (D-glucosamina), por lo cual se considera un polisacárido biodegradable”.

Las generalidades de la quitina y quitosano según Lárez (2006) que es un biopolímero que sobreabunda en la naturaleza, que se encuentra en los exoesqueletos de unos determinados insectos (cucarachas y escarabajos), crustáceos (cangrejo, camarón), hongos, algas, entre otros, en cambio, el Quitosano en su estado natural se encuentra en la

pared celular de ciertos hongos y de plantas, sin embargo, la primordial fuente de acceso es la quitina. (págs. 5-21)

“El Quitosano es un biopolímero natural amino polisacárido derivado de la quitina cuando el grado de desacetilación de esta alcanza alrededor del 50%.” (Maldonado H., 2003, pág. 191)

Su estructura molecular de la quitina y el quitosano es polisacárido lineal formado por unidades de 2-acetamida-2-desoxi-β-d-glucopiranososa en unión con enlaces β (1,4), es parecida a la estructura de la celulosa, sin embargo, en vez de tener un grupo hidroxilo en el carbono 2, la quitina posee el grupo N-acetilo, en cambio, el quitosano es un copolímero aleatorio de glucosamina (2-amino-2-desoxi-β-d-glucopiranososa) y N-acetilglucosamina (2-acetamida-2-desoxi-β-d-glucopiranososa), que se consigue por la desacetilación total o parcial. Carrero *et al.*, (2019).

La diferencia de las estructuras del Quitosano y quitina se pueden observar en la siguiente figura 1.

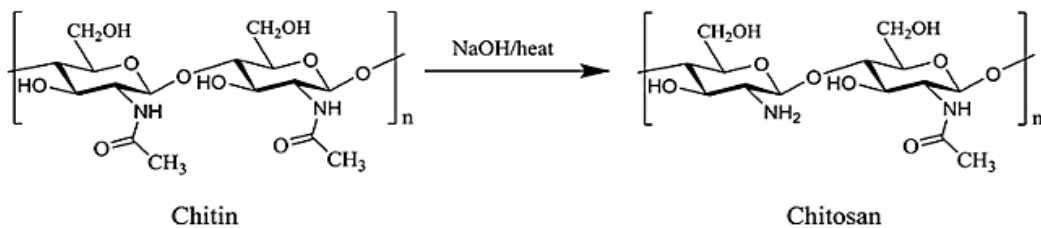


Figura 1. Estructuras de quitina y quitosano, Fuente: (Carrero Gallardo, y otros, 2019).

Las propiedades fisicoquímicas del quitosano “polisacáridos” son una fuente de energía metabólica, presentan varias aplicaciones, debido a que no son tóxicos y son biodegradables, los polisacáridos se distribuyen dependiendo a su comportamiento acido-base, también existe polisacáridos neutros como el dextrano, celulosa y glucógeno. Entre los polisacáridos ácidos tenemos el agar y pectina. Algunos polisacáridos básicos tenemos a la quitina y quitosano. Gallardo *et al.* (2019)

Las principales características del quitosano son: la solubilidad en diferentes medios, la capacidad de formar películas, cadena lineal, presencia de grupos hidroxilo y aminos reactivos . (Castro, (2017)

Para determinar del grado de desacetilación del quitosano existen varias técnicas como: espectroscopia de IR, la espectroscopia de RMN, espectroscopia de UV, conductimetría y potenciometría. (García y Roca, 2008).

Según Cárdenas, Sanzana y Inocentini (2002) “mencionan que la medición del grado de acetilación del quitosano obedece a las bandas que caracterizan a la amida III y como una referencia a los grupos metilos”

Se muestran a continuación las ecuaciones para hallar el grado desacetilación para la quitina y el quitosano:

$$\text{Grado de N - acetilación \% (quitina)} = \left( \frac{A_{1630}}{A_{3437}} \right) * 115$$

$$\text{Grado de N - acetilación \% (quitosano)} = 31,92 * \left( \frac{A_{1320}}{A_{1420}} \right) - 12,2$$

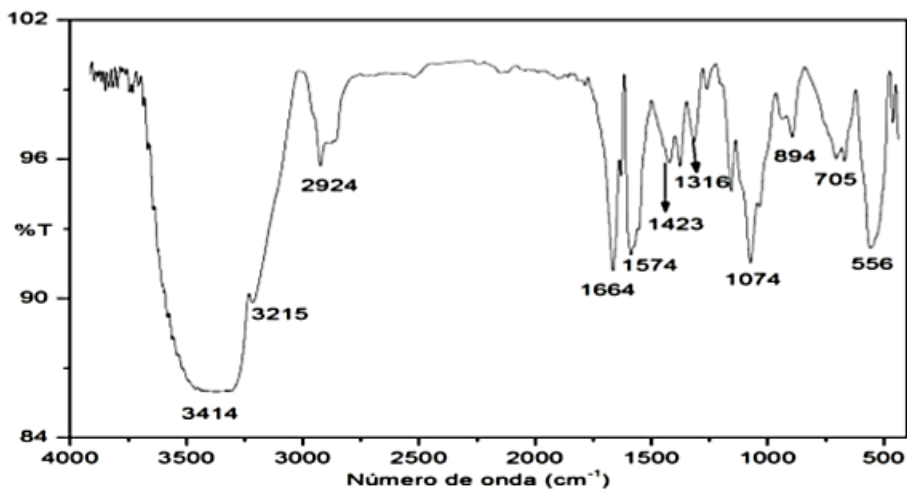


Figura 2. Espectroscopia IR, Fuente: (Balanda, 2010)

La quitina y quitosano poseen diferentes aplicaciones en los sectores de la industria y se encuentran en estado de investigación en otros sectores, el uso de los polímeros en la industria de alimentos y bebidas como aditivos, que cumplen su función como espesantes, emulsificantes y gelificantes, también se aplica en tratamiento de efluentes residuales industriales, debido a sus propiedades y características como coagulante, floculante y remoción de metales pesados, son usados en el sector agrícola debido a sus propiedades para combatir plagas vegetales . (Nieto y Orellana, 2011)

El término "biosorción" se utiliza para designar la absorción de metales por una biomasa completa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico, cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos de absorción metabólica también pueden contribuir al proceso. (Sandoval, 2006)

Es un procedimiento de separación donde algunos componentes de una fase fluida se traspan en dirección de la superficie de un sólido adsorbente. en el proceso de sorción, se denomina adsorbato al soluto retenido y adsorbente al sólido sobre el que se retiene. Se usan como adsorbentes los sólidos que poseen una dimensión grande de superficie de contacto y son altamente porosos . (McCabe, Smit y Harriot, 1994).

Las principales características de la biosorción son:

- Son mayormente exotérmicos, ya que al incrementar la temperatura la capacidad de adsorción disminuye.
- Es selectiva y la capacidad adsorbida va a depender al tratamiento previo, a la naturaleza y de la sustancia adsorbida.

Según su naturaleza.

- La biosorción física: Es la atracción de las fuerzas secundarias de Van der Waals, como las interacciones

dipolares (dipolo-dipolo), y se parece a la condensación de moléculas del vapor sobre un líquido de la misma condición. Izquierdo *et al.* (2004).

- La biosorción química: Cuando incluye la formación de enlaces químicos. Tiene una similitud a la reacción química y necesita el intercambio de electrones del adsorbato y adsorbente. Izquierdo *et al.*, (2004),
- la terminación de adsorción química también es llamada como “quimio sorción” es aplicada cuando las fuerzas son los enlaces covalentes o unión covalente. (Garces y Coavas, 2012).

Parámetros: influencias en el procedimiento de biosorción

- Influencia del pH  
La importancia del pH en una fase acuosa es un factor relevante en la biosorción de aniones como de cationes, siendo el efecto diferente en los dos casos. Donde, el rango de pH de la adsorción de cationes es mayor o igual a 4,5, mientras que el pH de la adsorción de aniones es menor, entre 1,5 y 4. (Zavala, 2008)
- El pH es la acidez o basicidad de cualquier solución depende del número de iones de hidrógeno o iones-OH, la concentración de estos iones de hidrógeno es indicador no solamente para una reacción ácida sino también puede ser indicador para una reacción básica, porque existe una relación simple entre la concentración de hidrogeno (H +) u iones oxidrilo (-OH) . (Gómez, 2013)
- Tiempo de equilibrio Mayormente, la utilización de isotermas en la biosorción describe el equilibrio del proceso, Según (Bohumil Volesky, 1995). “Las isotermas de Freundlich y Languor son utilizados mayormente para describir con merito

el equilibrio de biosorción; ambas isothermas son prácticas, pero las constantes de la isoterma de Langmuir son sencillas de interpretar”

- Efecto de la cantidad del adsorbente.  
La dosis del adsorbente es la causa limitante en la concentración del metal que se adsorbe, por ende, para obtener una mayor biosorción del metal debe haber una gran cantidad del adsorbente, pero lo mejor es llegar a un equilibrio estable, a través de la dosis del adsorbente con la concentración de los compuestos metálicos, para un resultado óptimo en el proceso de adsorción. (Garces y Coavas, 2012).
- Influencia del tamaño del adsorbente Según Omran y Mosstafa (2015),” Indican que la idoneidad de biosorción se ve favorecida al disminuir la dimensión de partícula, debido que aumenta el área superficial sobre el biosorbente”.
- La  $T^{\circ}$  Es definida como la magnitud física que permite medir el grado de calor. (Picquart y Carrasco 2017)
- La conductividad se define la conductividad eléctrica como la capacidad de que una sustancia o material para poder conducir la corriente eléctrica a través de sí. Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de EE.UU. (Araméndiz, Cardona y Alzate, 2017)
- El DBO Es la cantidad de oxígeno que requiere una materia para sus procesos, es una prueba en la cual toda materia orgánica se mezcla con agentes oxidante con la presencia de un catalizador que cambian el  $CO_2$ ,  $H_2O$  y otros, en los

cuerpos de agua podemos encontrar a sustancias químicas de forma natural o antrópicos . (Obando y Villega, 2018)

- El DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte, específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida (Obando y Villega, 2018).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativo experimental, porque se midieron las variables de estudio y se reportan en unidades de concentración (mg/l o ppm) (Mousalli, 2015)

El tipo de investigación es aplicada ya que está orientada a mejorar en todos los aspectos la base de lo que ya se sabe o existe, mediante el uso de las nuevas tecnologías existentes y que por consiguiente nos dará un resultado eficiente, deficiente, eficaz o ineficaz según corresponda el tema de investigación (Esteban, 2018).

Ya que se utilizará el quitosano como una tecnología innovadora para remover el metal pesado (mercurio).

El diseño de investigación es experimental del tipo experimento puro debido a que hay grupos de comparación es decir existe la manipulación de las variables independientes y hay una equivalencia de los grupos (Sampieri, 2014).

Además, en la presente investigación se aplicará el diseño factorial  $2^3$  que consta de dos niveles y tres factores, en la tabla 2 se muestra el matriz del diseño que se aplicará en la experimentación (Bernal, 2006) Debido a su enfoque el nivel es netamente explicativa, ya que se pretende establecer una relación de causa y efecto (Arias, 2012) porque explica la relación de la capacidad de biosorción con quitosán obtenidos de los caparazones de *Romaleon polyodon* con la remoción del mercurio.

#### 3.2. Variables y operacionalización

- VARIABLES
- Variable Independiente (VI): Biosorción con quitosán
- Variable dependiente (VD): Remoción del Mercurio



- Operacionalización: Se encuentra en el anexo de esta investigación

### **3.3. Población, muestra muestreo, unidad de análisis**

- **Población**

La población en este estudio se considera a los cuerpos de agua contaminados con mercurio.

- **Muestra**

La muestra se considera el agua artificial con mercurio (10L de solución madre), distribuido en 16 muestras (250 ml de agua artificial con mercurio en cada muestra)

- **Muestreo**

Muestreo de los ejemplares para el tratamiento: se realizó un muestreo probabilístico, porque de los 10 L de la solución madre todos tuvieron la posibilidad de formar parte de la muestra (250 ml).

#### **Unidad de análisis**

Viene a ser el elemento principal de interés o el tipo de caso que se escoge para estudiar en la investigación Sampieri (2014).

Para esta investigación se consideraron 8 muestras con una réplica siendo en total 16 muestras (cada muestra contiene 250 ml de la solución madre) para el proceso de biosorción con quitosano y su posterior análisis en laboratorio.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- **Técnicas de la investigación**

Para el presente trabajo se utilizó como técnica la observación, el cual consiste en observar el cambio que se produce después del tratamiento para tomar información y ser registrada para su posterior análisis.

- **Instrumentos de la investigación (explicar)**  
pH metro o medidor de pH, para poder medir los niveles de pH en el proceso del tratamiento del agua artificial con mercurio.
- Espectrofotómetro Infrarrojo – FTIR, para poder identificar la composición de la muestra y su grado de desacetilación del quitosano.
- Espectroscopia de absorción atómica – AA, para analizar la concentración de Hg en la muestra.
- Revista, tesis y artículos (SCielo, Science Direct, entre otros)
- Se utilizará el software Statgraphics 18 – X64, para el análisis estadístico de los datos obtenidos en el proceso del tratamiento del agua artificial con mercurio.

### 3.5. Procedimiento de la obtención de datos.

#### A. Recolección de la Materia Prima

- Los residuos de los cangrejos fueron recolectados del mercado Palomar.

#### B. Proceso de obtención de Quitosán

- **Selección y Lavado:** Se seleccionaron los residuos en una fuente, luego se lavó con abundante agua destilada para retirar la mayor cantidad de residuos adheridos en los caparazones.



*Figura 3. Selección y lavado de los residuos de caparazones de cangrejo.*

- **Secado:** Se secaron los caparazones del cangrejo en una estufa a 50 °C por 72 horas, hasta llegar a un peso constante libre de humedad.



*Figura 4. Caparazones de cangrejo limpios*



*Figura 5. Secado en la estufa de los caparazones de cangrejo.*

- **Molienda y Tamizado:** Los caparazones libres de humedad se procedió a moler con un molino casero y posteriormente se tamizó hasta un tamaño de partícula de 460  $\mu\text{m}$ .



*Figura 6. Molienda de los caparazones del camarón y tamizado*

- Despigmentación: Se preparó la solución de etanol al 86 % v/v, para poder eliminar la coloración del caparazón en una relación de 1/10, se colocó en agitación por 2 horas a una temperatura de ambiente, luego mediante un sistema de filtración al vacío, se procedió a filtrar, y posteriormente se lavó el caparazón con agua destilada, y se llevó a secar en una estufa a 65°C por 6 horas .
  
- Desmineralización: Se preparó la solución de ácido clorhídrico a una concentración de 1.5 M para separar los minerales (carbonato de calcio y fosfato de calcio) presentes en el caparazón del crustáceo (cangrejo). Se trabajó con 10 gramos de los caparazones molidos y tamizados con 100 ml de ácido clorhídrico (una relación de 1/10) sometidos a una agitación por 3 horas a una temperatura de ambiente. Posteriormente se filtró en un sistema de filtración al vacío y la biomasa fue lavada con agua destilada hasta tener un pH neutro (6.5-7) y se procedió a secar en una estufa a 65°C por 6 horas.
  
- Desprotenización: Se preparó la solución de hidróxido de sodio a 1 M, para poder separar las proteínas, en esta etapa se procedió a disolver la biomasa en 100 ml de hidróxido de sodio en agitación constante por 2 horas a una temperatura de 80°C. posteriormente, se filtró y se lavó con agua destilada hasta llegar a un pH neutro (6.5-7) y finalmente se secó en una estufa a 65°C por 6 horas, en esta etapa se obtiene la quitina .
  
- Desacetilación: Se preparó la solución de hidróxido de sodio al 50% p/v. la quitina obtenida del caparazón del cangrejo en la etapa anterior fue disuelta en 100 ml de NaOH al 50 % en agitación constante durante 3 horas a 100 °C, en un

Sistema de filtración al vacío se procedió a separar el NaOH y el quitosano, seguidamente se lavó con abundante agua destilado hasta obtener un pH neutro (6.5-7) y finalmente se llevó a secar a la estufa a una temperatura de 65°C por 6 horas.

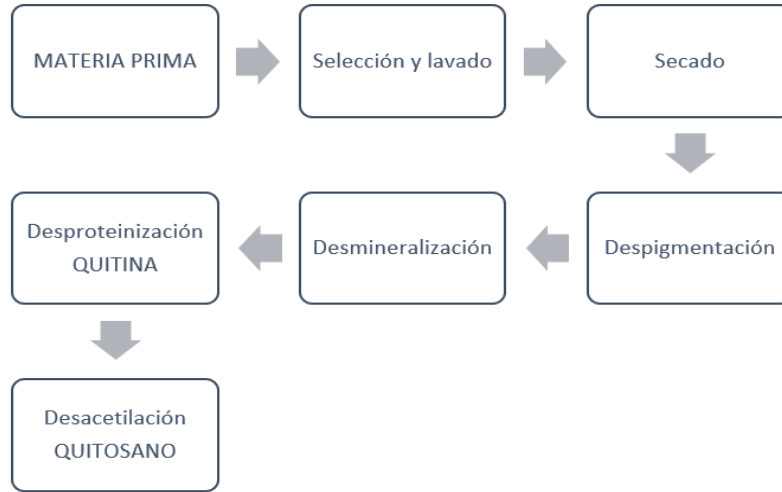


Figura 7. Diagrama de bloques para la obtención del quitosano.

### PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE MERCURIO (hg).

Para la preparación de la solución se tuvo que pesar el contaminante, basándose en la relación que existe entre los componentes de la fórmula. Se tomó en cuenta el peso del Mercurio y de acuerdo a la cantidad de solución que se requería por cada litro de agua (García, 2010).

Para la preparación de solución de Cloruro de Mercurio ( $HgCl_2$ ) se tomaron en cuenta las siguientes características:

- Compuesto :  $HgCl_2$
- Masa molar : 271.52 g/mol
- Pureza : 99.9 %
- Cantidad requerida : 10 mg/l o ppm

Según sus características se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 2. Composición elemental del Hg  
Fuente: Elaboración propia

Relación entre el porcentaje de cloruro de mercurio ( $HgCl_2$ ), con la cantidad de disolución requerida 10 mg/l o ppm de Mercurio.

$$\begin{array}{l} 0.01 \text{ g} \text{ — } 100.00 \% \\ X \text{ — } 73.88 \% \end{array}$$

Entonces se requiere 0.007 g/l de cloruro de mercurio ( $HgCl_2$ ).  
Como la fórmula está al 99.9 % se realizó los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{l} 0.007 \text{ g} \text{ — } 100.00 \% \\ X \text{ — } 99.9\% \end{array}$$

Entonces se requiere 0.0069 g/l de cloruro de mercurio ( $HgCl_2$ ).

### CALCULO PARA HALLAR LA EFICIENCIA DEL QUITOSANO

Elemento	Peso Atómico	Átomos	Total	%
Hg	200.59	1	200.590	73.88
Cl	35.453	2	70.906	26.12
Masa molar (g/mol)			271.496	100.00

Para calcular la eficiencia del quitosano para la remoción del mercurio, se toma como base la de un sistema de tratamiento de aguas residuales que utiliza la siguiente ecuación (Parra, 2006).

$$E = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} * 100\%$$

Donde:

$E$  = Eficiencia de remoción del sistema [%].

$C_0$ = Concentración inicial del contaminante.

$C_f$ = Concentración final del contaminante.

Tabla 3. Materiales de laboratorio

<b>MATERIALES DE LABORATORIO</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>OTROS</b>
Matraz de 250 y 100 ml	HCl-ácido clorhídrico al 37%	Bandeja de metal
Bagueta	NaOH-Hidróxido de sodio	Papel de aluminio
Probeta de 100 y 250 ml	Ácido acético	Frascos de plástico
Embudo	Mercurio	Mandil
Mortero con pistilo	<b>EQUIPOS DE LABORATORIO</b>	Guantes descartables
Pipeta de 1, 2, 5 y 10 ml	Balanza	Cubre bocas
Espátulas	Balanza analítica	Buffer para calibrar el pH metro
Matraz Quitasato	Agitador magnético	Lentes
Tamiz <250µm,250-500 µm,500-850 µm,>850 µm	pH metro	Cadena de custodia para monitoreo de agua
Termómetro	Estufa	Cuaderno de campo y/o formatos para registro de datos
Embudo Büchner		
Propipeta		
Fioles de 100 y 250 ml		
Manguera de goma		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Método de análisis de datos

El método de la presente investigación es hipotético-deductivo, debido a que parte de una aseveración en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear dichas hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal, 2006).

Además, en la presente investigación se aplicará el diseño factorial  $2^3$  que consta de dos niveles y tres factores, en la tabla 2 se muestra el matriz del diseño que se aplicará en la experimentación.

Tabla 4. Matriz del diseño factorial  $2^3$

CORRIDA	FACTOR			ETIQUETAS
	A	B	C	
1	-	-	-	(1)
2	+	-	-	A
3	-	+	-	B
4	+	+	-	Ab
5	-	-	+	C
6	+	-	+	AC
7	-	+	+	BC
8	+	+	+	ABC

FACTOR	BAJO	ALTO
pH	4	6
Biomasa	2	6
Dimensión de partícula	0.250	0.425

FUENTE: (Bernal, 2006)



### **3.7. Aspectos éticos**

Esta investigación se desarrolló de acuerdo al código de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo, el cual menciona el código internacional de conducta y buenas prácticas de *Committee on Publication Ethics, COPE*, basadas en la rigurosidad y transparencia de la investigación científica, en la resolución de consejo universitario o N°0126-2017/UCV, que A B Figura 17. (A) Recolección del agua tratada mediante Luz ultravioleta, (B) Rotulado de la muestra de agua tratada 31 especifica el código de ética y en el artículo N° 15 del reglamento de la Universidad Cesar Vallejo, de la política anti plagio, se resalta que toda la información recabada en la presente investigación se utilizó con y para fines académicos, de fuentes confiables y citadas y durante todo el proceso fue sometido al software Turniting para constatar el porcentaje de similitud.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas experimentales realizadas en el presente trabajo de investigación permitieron obtener los siguientes resultados.

### 4.2. Caracterización del quitosano

Tamaño de partícula.

La dimensión de la partícula se obtuvo mediante un mortero y el tamizado, después de obtener el quitosano de los caparazones de los cangrejos.

*Tabla .5 Tamaño de partícula*

---

- <b>Tamaño de partículas (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
- <b>425</b>
- <b>250</b>

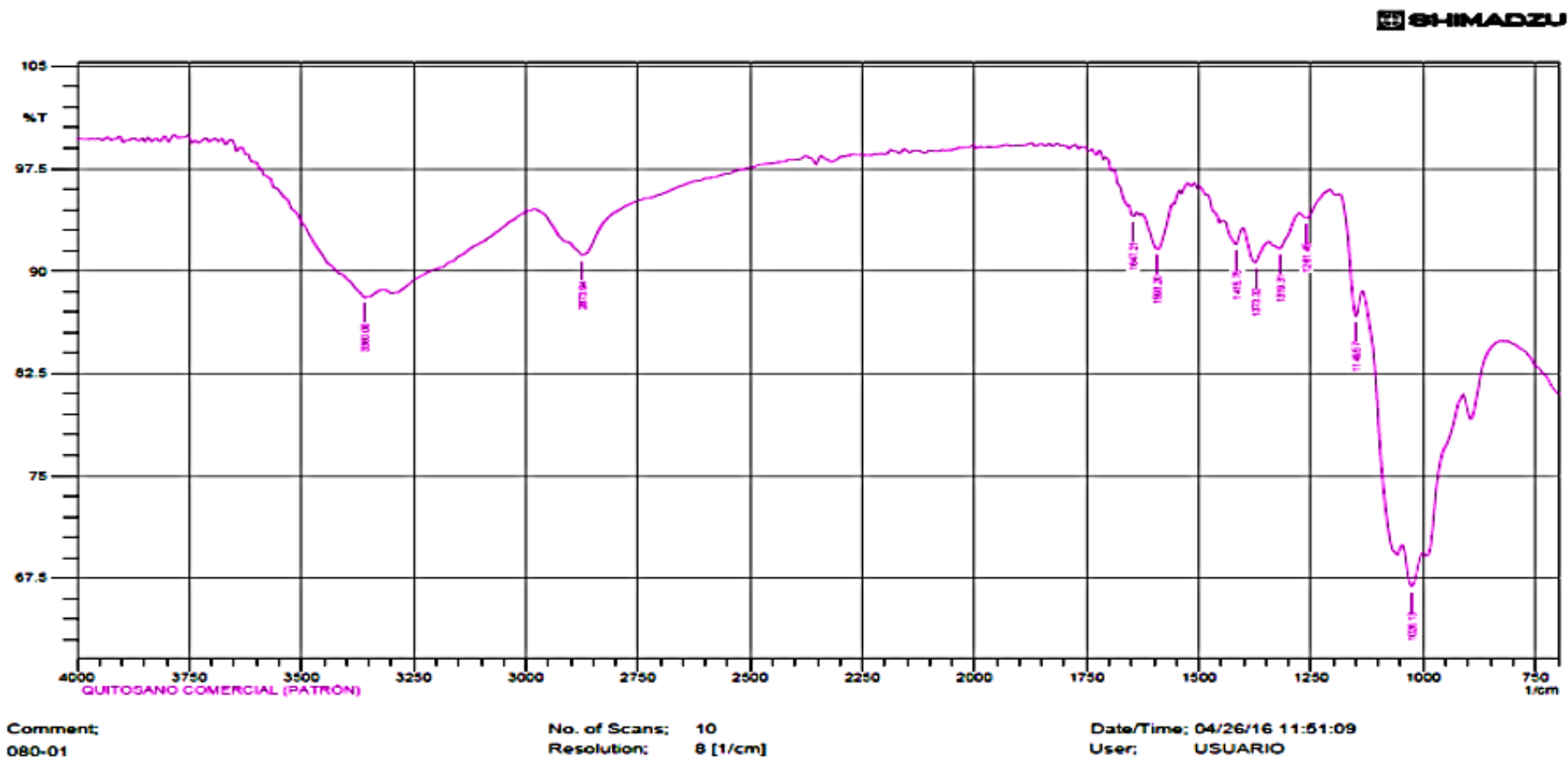
---

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA

A continuación, en la figura 8, se presenta espectro infrarrojo del quitosano patrón comercial "Acros", el mismo que servirá, para poder comparar y validar el resultado obtenido del análisis del espectro FTIR del quitosano obtenido, mediante los picos de las bandas de adsorción del espectro. (ver anexo)

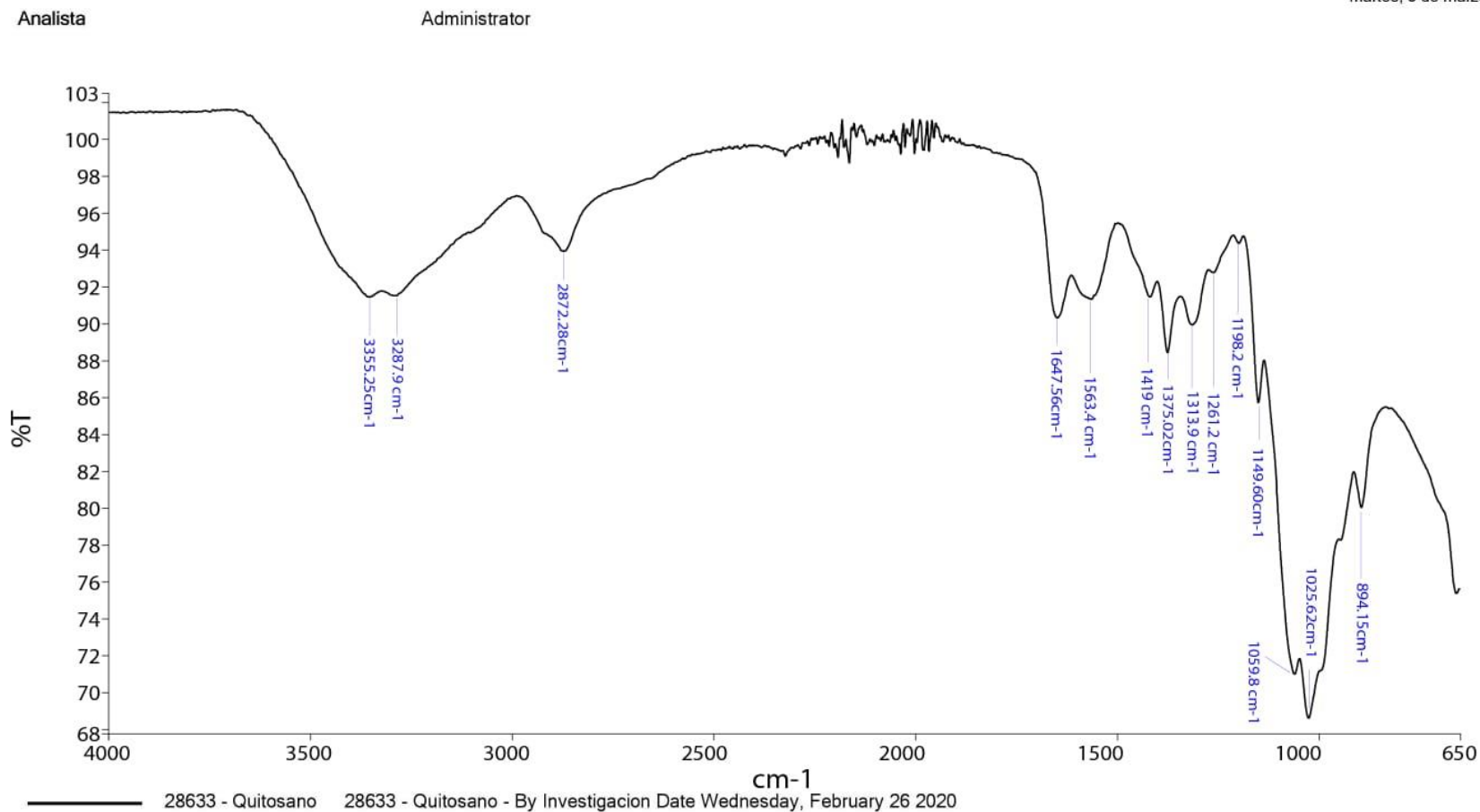
Figura 8. Espectro del quitosano, Patrón comercial "Acros".



Fuente: USAQ de la UNMSM-Lima

Figura 9. Espectro FTIR del quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo.

PerkinElmer Spectrum IR Versión 10.6.0  
martes, 3 de marzo de 2020 05:51



Fuente: Laboratorio de la Universidad San Agustín

#### 4.4. GRADO DE DESACETILACIÓN

Para hallar el grado de desacetilación del quitosano (DA), se mandó a analizar al laboratorio de investigación y servicios LABINYSERV de la universidad de la UNSA, por el método de Espectroscopia infrarroja (STIR), Lo cual se obtuvo como resultado el 84.92% del grado de Desacetilación del quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo .

Tabla 5. Resultado del % de desacetilación de quitosano de caparazón de cangrejo

BANDAS DE ABSORCIÓN FTIR Y SUS RESPECTIVOS GRUPOS FUNCIONALES QUITOSANO DE CAPARAZON DE CANGREJO			
Número de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupos Funcionales		
3550-3200	Estiramiento O-H		
3355.25	Estiramiento asimétrico N-H		
3287.9	Estiramiento simétrico N-H		
2872.28	Estiramiento simétrico C-H <sub>3</sub>		
1647.56	Amida I C=O		
1563.4	Amida II N-H		
1419	Flexión O-H		
1375.02	Estiramiento simétrico C-H <sub>3</sub>		
1313.9	Tensión C-N		
1261.2	Estiramiento C-N		
1198.2	Estiramiento C-O		
1149.60	Estiramiento C-O		
1059.8	Estiramiento simétrico C-O-C		
1025.62	Estiramiento simétrico C-O		
894.15	Estiramiento C-O-C		
ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
% Desacetilación	%	84.92	Espectroscopia infrarroja
OBSERVACIONES			

Fuente: Laboratorio de investigación de servicios LABINVSER

#### 4.5. RENDIMIENTO DEL QUITOSANO

Se calculó el peso en porcentaje, partiendo de la biomasa que se obtuvo luego de la etapa de molido y tamizado de los caparazones de cangrejo seco.

$$\%Rendimiento = \frac{bmqf}{bmqi} * 100$$

Donde:

- bmi: biomasa inicial
- bmf: biomasa final obtenida
- $\%Rendimiento = \frac{65.8}{254.3} * 100$
- $\%Rendimiento = 25.8\%$

#### 4.6. Resultados de la remoción de mercurio (Hg) con quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo.

Tabla 6. Porcentaje de bioadsorción con quitosano

CORRIDA	FACTOR			ETIQUETAS	CC	REMOCION (%)	
	Tamaño (µm)	pH	Dosis (g/L)			Contro l (mg/L)	%
P1	425	4	2	BQ – 01	10	76.4	75.95
2	425	4	6	BQ – 02		92.82	93.52 5
3	425	6	2	BQ – 03		65	65.5
4	425	6	6	BQ – 04		92.4	92.8
5	250	4	2	BQ – 05		75.52	75.01
6	250	4	6	BQ – 06		92.57	93.28 5
7	250	6	2	BQ – 07		67.4	67.7
8	250	6	6	BQ – 08		92.55	93.02 5

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 5. Se observa el porcentaje (%) de bioadsorción con el quitosano, el procedimiento se realizó en el laboratorio de la Empresa CERPER S.A. fue la siguiente: El quitosano se dejó en contacto con el agua sintética de mercurio (Hg) con la concentración base de 10 mg/L, en agitación constante durante 6 horas a 250 rpm, y posteriormente se filtraron y almacenaron en recipientes para su respectivo análisis como se observa en la figura11 .



Figura 11. Muestras llevadas al laboratorio para su respectivo análisis

En los resultados obtenidos, se muestra que el código BQ-02 tuvo el mayor % de remoción del mercurio (Hg), que se trabajó con los siguientes factores: con una dimensión de partícula de 425 mm, con un pH ácido de 4 y una relación de biomasa de 6 g/L.

Tabla 7 Porcentaje de remoción del mercurio



Fuente: Elaboración Propia.



Análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la remoción de mercurio con quitosano.

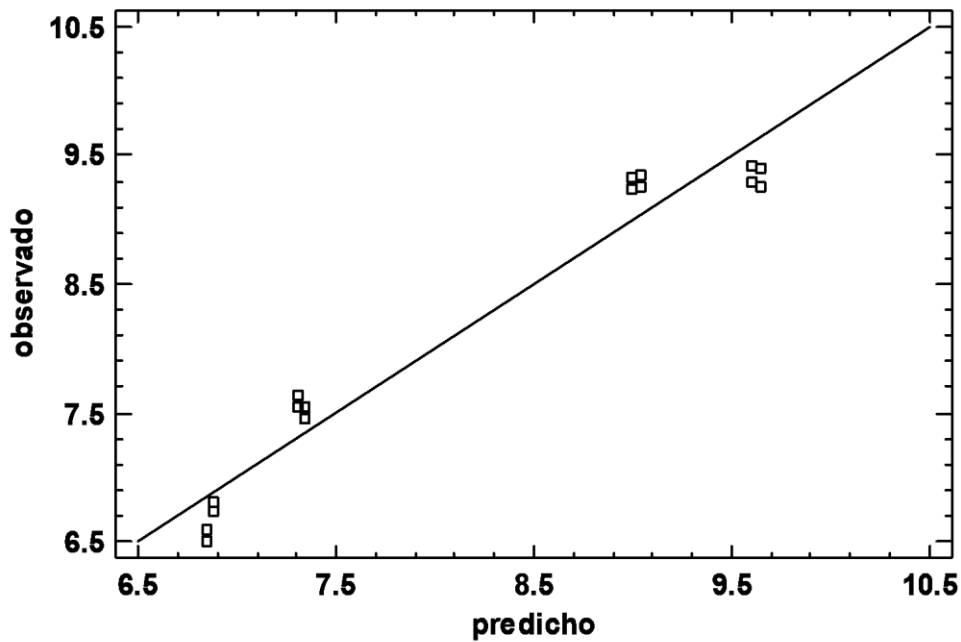
En la tabla 7, se presenta los resultados arrojados del análisis de varianza (NOVA), ejecutado con el programa Stratgraphics Centurión 18 – X64. Se realizó un análisis de varianza para determinar la significación estadística de cada efecto en comparación de su cuadrado medio con una estimación del error experimental; de esta forma, se obtienen los valores de los factores críticos en el proceso de biosorción de mercurio (Hg) con quitosano .

Para este proceso de biosorción de mercurio (Hg), se instauró un nivel de confianza del 95% (error máximo permitido es del 5%), por consiguiente, los factores son significativos cuando tienen un error (valor P), inferior a 0.05. En este estudio, 4 factores tienen valores P inferiores a 0,05, lo que nos da a conocer que son significativamente distintos a cero con el nivel de confianza del 95,0%, los factores más relevantes en este diseño son:

- Tamaño (mm) (**A**)
- pH (acido-base) (**B**)
- Dosis (g/L) (**C**)
- La interacción tamaño-dosis (**AC**)
- La interacción pH-dosis (**BC**)
- La interacción Tamaño-pH-dosis (**ABC**)

La estadística  $R^2$  señala que el modelo tal como está explica el 99.7972% de la variabilidad de biosorción de mercurio (Hg). El estadístico  $R^2$  ajustado, que es más adecuado para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es 99.6197%.

*Figura 10. R- cuadrado*  
**Gráfico de Biosorción**



*Fuente: Datos obtenidos por el software Statgraphics Centurión 18 – X64.*

*Tabla 8. Nivel de confianza - Valor-P*

Fuente	Suma de Cuadrados	de	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: TAMAÑO	19.5696		1	19.5696	3632.28	0.0000
B: Ph	0.878438		1	0.878438	163.05	0.0000
C: Dosis de biomasa	0.00387506		1	0.00387506	0.72	0.4210
AB	0.703502		1	0.703502	130.58	0.0000
AC	0.00406406		1	0.00406406	0.75	0.4104
BC	0.0324901		1	0.0324901	6.03	0.0396
ABC	0.0178891		1	0.0178891	3.32	0.1059
Error total	0.0431015		8	0.00538769		
Total (corr.)	21.2529		15			

Fuente: Datos obtenidos por el software Statgraphics Centurión 18 – X64.

- R-cuadrada = 99.7972 por ciento
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.6197 por ciento

#### 4.7. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Determinación de las condiciones óptimas de pH, la dosis de la masa y la dimensión del biosorbente en el proceso de sorción del mercurio (Hg) con quitosano.

Se enuncian 2 hipótesis de las condiciones óptimas para proceso de biosorción:

$H_0$ : No existe diferencia estadística entre el pH, la biomasa y la dimensión de partícula entre los niveles bajo, alto y el control para la biosorción del mercurio (Hg) con quitosano.

$H_1$ : Existe diferencia estadística entre el pH, la biomasa y la dimensión de partícula entre los niveles bajo, alto y el control para la biosorción del mercurio (Hg) con quitosano.

#### ANOVA

Tabla 9. Valor-P Contrastación de hipótesis

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: TAMAÑO	19.5696	1	19.5696	3632.28	0.0000
B: pH	0.878438	1	0.878438	163.05	0.0000
C: Dosis de biomasa	0.00387506	1	0.00387506	0.72	0.4210
AB	0.703502	1	0.703502	130.58	0.0000
AC	0.00406406	1	0.00406406	0.75	0.4104
BC	0.0324901	1	0.0324901	6.03	0.0396
ABC	0.0178891	1	0.0178891	3.32	0.1059
Error total	0.0431015	8	0.00538769		
Total (corr.)	21.2529	15			

Fuente: Datos obtenidos por el software Statgraphics Centurión 18 – X64.

Realizando la prueba estadística de análisis de varianza (NOVA) de dos factores con una confiabilidad del 95% y un margen de error al 5% equivalente a 0,05.

Se muestra en la tabla 9 que los valores – P, para el factor tamaño es 0.0000, para el factor pH es 0.0000, para la interacción de los factores tamaño-pH es 0.0000, para la interacción de los factores pH-dosis de biomasa es 0.0396, el cual los valores enunciados de P son menores a 0.05 del margen de error, por ende, se puede afirmar que existe diferencia estadística significativa.

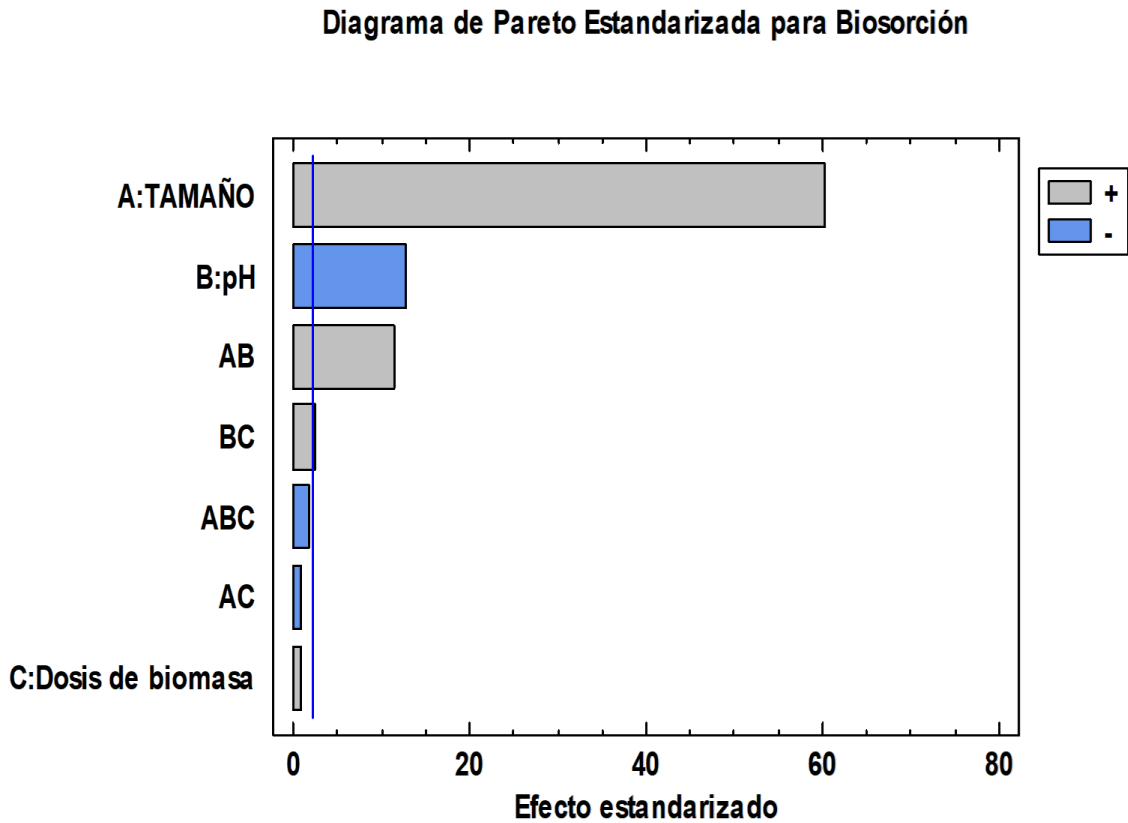
- Conclusión:

Se rechaza  $H_0$  y se afirma  $H_1$

El diagrama de Pareto es una representación gráfica como se muestra en la figura 12; donde se muestra, qué los factores involucrados poseen un efecto significativo sobre la biosorción de mercurio (Hg), que se encuentran de manera decreciente según su importancia en dicho proceso.

La determinación de la significancia de un factor, se debe a que la barra sobrepase la línea vertical que simboliza el 95 % de la fiabilidad de los resultados del modelo; la distancia de cada una de las barras es directamente proporcional al efecto estandarizado, el cual será, el efecto estimado dividido entre su error estándar. La línea vertical se utiliza para interpretar que efectos son estadísticamente significativos, cualquier barra que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95,0% .

Figura 11. Diagrama de Pareto Estandarizada para Biosorción



Fuente: Datos obtenidos por el software Statgraphics Centurión 18 – X64.

En la Figura 12, se muestra que el factor más predominante que influye en la biosorción de mercurio (Hg) es el tamaño. Se debe tener en consideración que el tamaño utilizado en las soluciones de iones de Hg, influye en el procedimiento de biosorción, dado a la influencia en los sitios principales superficiales y a la naturaleza de los iones metálicos. La mayor biosorción con el quitosano es con la dimensión de partícula(tamaño) de 425 micrómetros .

Otro factor que posee una alta influencia sobre la biosorción de mercurio (Hg) con quitosano, es el pH y que la relación entre estas dos variables es directamente proporcional; ya que a medida que el pH sea más ácido, aumentara la capacidad de biosorción de mercurio (Hg), debido a la movilidad del ion metálico.

En la representación gráfica de Pareto, también se observa que la interacción de dosis de la masa - pH, tiene una influencia en la biosorción del mercurio (Hg) pero esta interacción de los factores es menos significativa que el factor pH y la dimensión de partícula (um). Además, mientras el pH ácido y la dimensión de la partícula este entre el rango de 400 – 500 micrómetros; aumentará el porcentaje (%) de biosorción, por ende, habrá una mayor probabilidad de captar los iones de mercurio (Hg) por la masa.

### Gráfica de Efectos Principales para Biosorción

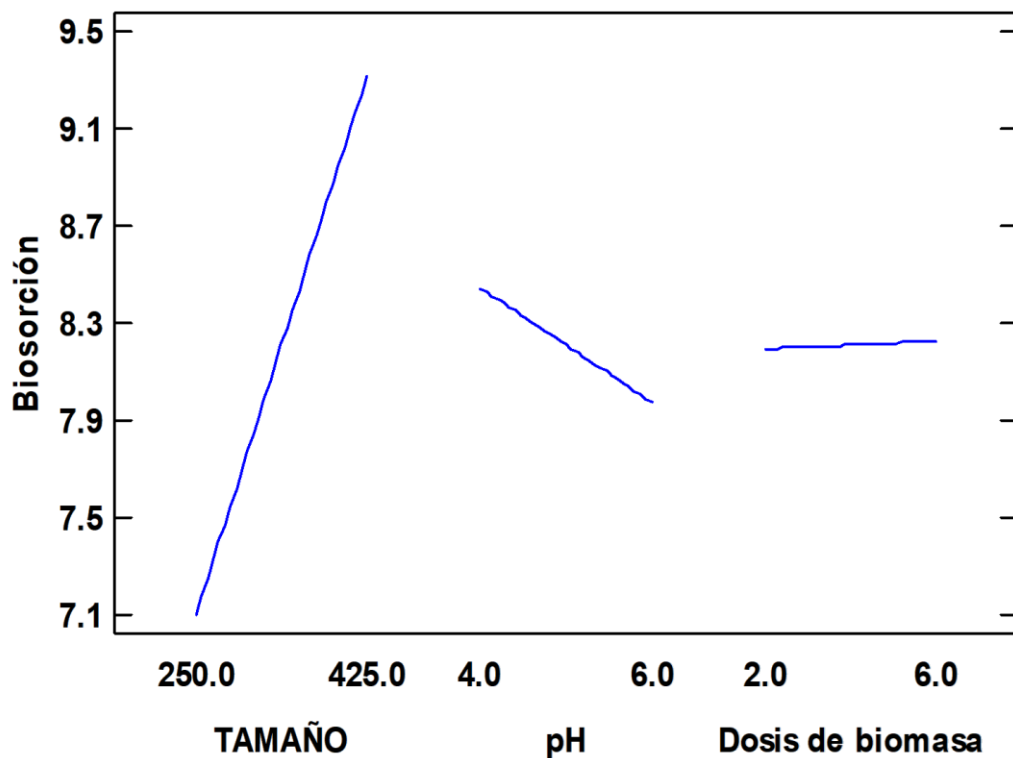


Figura 12. Gráfica de Efectos principales para Biosorción

En la figura 13. Se observa que según los resultados obtenidos que la Influencia de la dimensión de la partícula es directamente proporcional al porcentaje de adsorción, la influencia del pH, en el rango es inversamente proporcional al porcentaje de adsorción y la dosis de la masa de adsorbente es proporcional al porcentaje de adsorción.

Según se muestra en la figura 13, el más alto porcentaje de biosorción se logró con una dimensión de partícula de 425  $\mu\text{m}$ , a un  $\text{pH} = 4$  y con una dosis de masa de 6 g/L.

Optimizar Respuesta

Meta: maximizar Biosorción

Valor óptimo = 9.3525

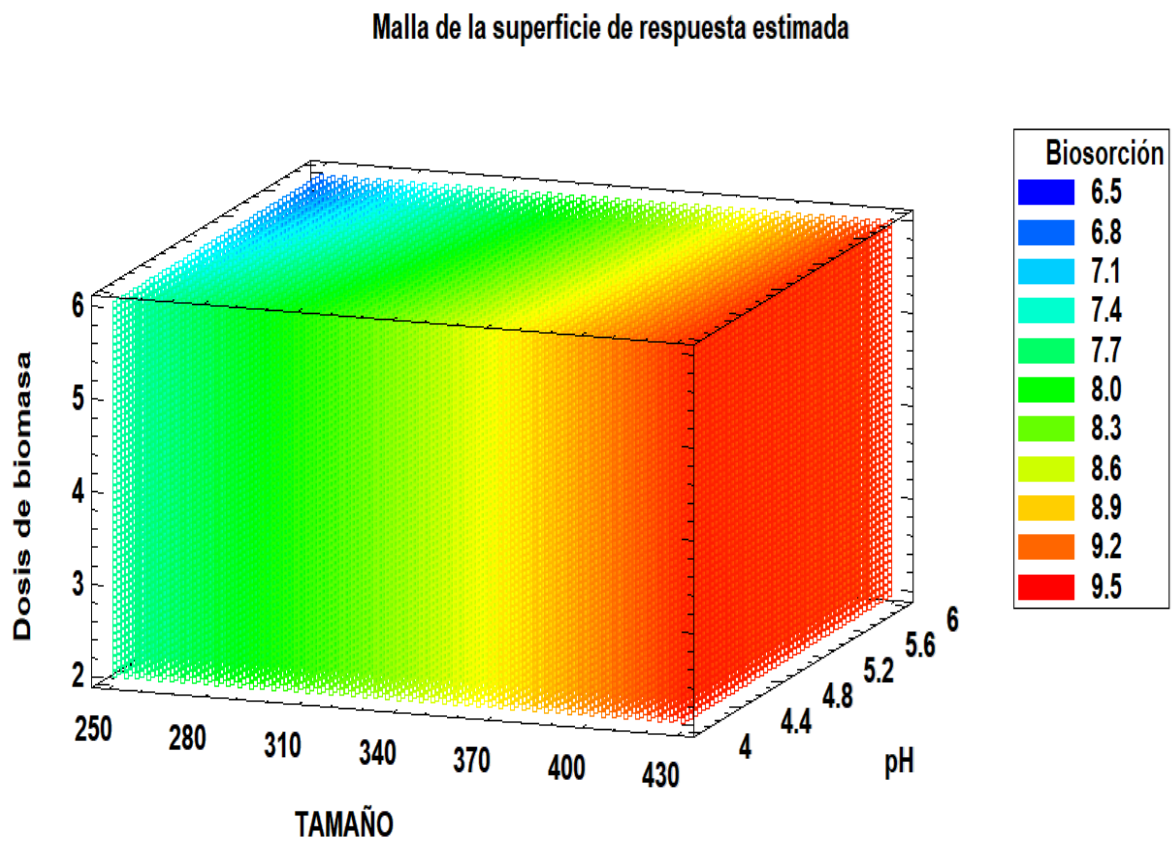
*Tabla 10. Valor optimo*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
TAMAÑO	250.0	425.0	425.0
pH	4.0	6.0	4.0
Dosis de biomasa	2.0	6.0	2.0

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.8. EL STATADVISOR

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Biosorción sobre la región indicada. Use el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor .



*Figura 13. Malla de la superficie de respuesta estimada*

En la figura 14. se observa la estimación de respuesta de los factores en el proceso de biosorción en diferentes rangos, donde la mayor eficiencia para la remoción de mercurio (Hg) con la masa de quitosano es con el tamaño 425  $\mu\text{m}$ , con un pH de 4 y la dosis de masa (g/L) de 1.5 con un 94.2 % de remoción de mercurio (Hg), según la interpretación de la figura mientras más biomasa se aplique y la



dimensión de partícula sea en el rango de 400 a 500  $\mu\text{m}$  y el rango de pH sea 4, aumentara la capacidad de remoción del quitosano .

## V. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se presenta la eficiencia de bioadsorción de mercurio en una solución acuosa utilizando quitosano obtenido de los caparazones de cangrejo (Romaleon Polyodon); teniendo como resultado 10 mg Hg/l en la prueba de control. Los resultados fueron diferentes debido a que se hizo combinaciones de 3 factores (dosis de biomasa, pH y la dimensión de la biomasa) y con 2 niveles (alto y bajo), se obtuvo una remoción muy considerable de mercurio. En la interpretación de los gráficos se puede ver que, a mayor dosis, mayor es la adsorción, siendo 2 g de quitosano la dosis con mayor efectividad y a un pH 4 donde se obtuvo el 94.2 % de eficiencia de adsorción de mercurio este resultado coincide con los resultados del autor Quevedo (2017) “En donde utiliza 1.5 g de quitosano en polvo para adsorber plomo; se basó en encontrar el pH óptimo para la adsorción a diferentes tiempos de contacto”. Se concluyó que el pH óptimo fue 3 (ácido), con un % de remoción de 75.3 % en una concentración inicial de 10 ppm, un tiempo de una hora con 30 min. y tamaño de partícula > a 3 mm. Por lo cual los resultados concuerdan con el presente trabajo de investigación, puesto que el pH de > adsorción fue a 4 (ácido) y tamaño de partícula del adsorbente de 425 µm.

Según Unagolla & Adikary (2015) “En su estudio sintetizó quitosano del cascarón de cangrejo, para adsorber metales pesados como cadmio y plomo. Se llevó a cabo dos tratamientos utilizando diferentes valores de pH de la solución de iones metálicos iniciales y dos valores diferentes de grado de desacetilación de quitosano, la concentración para ambos iones metálicos se tomó como 50 mg / l, a temperatura ambiente y a una velocidad de agitación de 450 rpm. Los valores de pH probados para Pb<sup>2+</sup> fueron 2.0, 3.0 y 4.5. Se observó una tasa de adsorción significativamente alta en el quitosano que tiene mayor valor de DD”. Esta investigación guarda cierta relación con el presente estudio ya que la mayor adsorción se dio a pH 3 con 2.5 g de quitosano.

Triana *et al.*, (2018) “En su artículo sintetiza derivados de amino quitosano para remover metales pesados tales como plomo y mercurio, mediante espectroscopia de adsorción atómica. En cuanto a su desarrollo experimental, se tomó tres muestras de amino-quitosano y una muestra de quitosano, en las cuales se evaluó la influencia del pH en valores de 4 y 10. En el estudio se concluyó que para la remoción de metales como Pb (II) y Hg (II), mostraron un alto porcentaje de remoción a pH básicos utilizando amino quitosano; sin embargo, el quitosano prístino exhibe una mayor eliminación de Hg en los medios ácidos”. Estos resultados guardan relación con los obtenidos en el presente estudio, puesto que el quitosano presentó buena eficiencia de adsorción a valores de pH ácidos.

Del mismo modo Pájaro & Díaz (2012) “En su investigación utilizó quitosano para remover cromo hexavalente de aguas contaminadas, para el desarrollo experimental se consideró realizar análisis para encontrar el pH óptimo entre valores del 1 al 8. Posteriormente se hicieron las isothermas de adsorción empleando 0.2 g quitosano y concentraciones iniciales de Cr (VI): 25, 50, 100, 200, 300, 600 y 1200 mg/l. Todas las soluciones se ajustaron a pH 4.0 con agitación constante por 3 horas. En el estudio se concluyó que en pH 3 se obtiene una buena remoción de este metal alcanzando 99.98 % de adsorción”. Sin embargo, en el presente estudio para la adsorción de mercurio en una solución acuosa, los valores óptimos de pH fueron de 4, empleando 2g de quitosano.

Según Altamirano (2015) “En su trabajo para remover Pb 2+ por medio de adsorción en quitosano, se preparó soluciones de 5, 25, 50, 70, 100 y 120 mg/l de  $Pb^{2+}$  a partir de  $Pb(NO_3)_2$  siendo las condiciones de adsorción a temperaturas de 25, 35 y 50°C, a valores de pH de 4.33 a 5.62 y empleando 0.1 g de quitosano para cada tratamiento. En el trabajo se concluyó que los resultados de las concentraciones finales fueron 4, 20, 45, 60, 80 y 90 mg/l respectivamente; la adsorción mostró ser más eficiente a 25 °C, puesto que a mayor temperatura disminuye la adsorción y del mismo modo a mayor concentración del contaminante disminuye la efectividad de adsorción,

debido a que satura a quitosano". Este estudio guarda cierta relación con la investigación realizada, ya que se evaluó los rangos de pH de 4 y 6; cabe resaltar que se utilizó una sola concentración inicial del metal de mercurio (Hg).

## V. CONCLUSIONES

1. La efectividad del quitosano obtenido de los residuos de los caparazones de cangrejo del mercado "EL PALOMAR" en el proceso de biosorción del mercurio fue del 94.2 % en el tratamiento BQ-02 y 93.3% en el tratamiento BQ-06
2. El grado de desacetilación del quitosano obtenido de los residuos de los caparazones del cangrejo fue de 84.92 % (el grado mínimo de desacetilación es de 60%) mediante el análisis de Espectroscopia Infrarrojo (FTIR)
3. Las condiciones óptimas para la biosorción del mercurio (Hg) con el biopolímero quitosano obtenido de los residuos de los caparazones de cangrejo fue lo siguiente; el pH 4 (ácido), la dosis de bioadsorbente de 6 (g/L) y la dimensión de partícula de 425 ( $\mu\text{m}$ ).
4. La concentración final de mercurio en el proceso de biosorción con quitosano obtenido de los residuos de los caparazones del cangrejo fue de 0.58 mg/L en el tratamiento BQ-02 de 10 mg/L de solución de mercurio.
5. El quitosano obtenido de los residuos de los caparazones del cangrejo es una alternativa viable para la biosorción, remoción, adsorción, etc. Con lo que se puede concluir que se puede utilizar para tratamientos de aguas contaminadas para su reutilización para diferentes usos. La biosorción es un proceso fisicoquímico por la cual remueve los metales pesados en la superficie interna del sorbente. Este proceso es necesario para la purificación del agua.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda experimentar con especies nuevas para la obtención de quitosano como: hongos (*Aspergillus niger*, *Ganoderma australe*), insectos (*Tenebrio molitor*, *Galleria mellonella*), con las escamas de los peces, algas, arácnidos, bacterias y realizar una comparación sobre el grado de desacetilación y su porcentaje remoción de metales pesados, para profundizar más sobre el tema y verificar cuál de estas especies tiene mayor porcentaje de eficiencia en la remoción de metales pesados.
2. Realizar otras variables de adsorción como tamaño de partícula, tiempo de contacto y concentración del metal, con la finalidad de profundizar en la investigación.
3. Dado a los resultados significativos conseguidos en la presente investigación, recomendamos profundizar más sobre el tema, y la modificación con otros bioadsorbente, para una mayor efectividad. en el proceso de remoción de metales pesados .
4. Es necesario portar los equipos de seguridad de laboratorio (guantes, mascarilla, lentes de protección y bata) para poder manejar este tipo de aguas residuales ya que pueden causar daños para la salud.

## REFERENCIAS

- ADUVIRE, Osvaldo . 2006. DRENAJE ACIDO DE MINA GENERACION Y TRATAMIENTO  
[http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/258/113258\\_0000001.PDF](http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/258/113258_0000001.PDF).
- ALVARADO GÁMES, Ana, Blanco Sáenz, Rigoberto y Mora Morales, Erick. 2002. *El cromo como elemento esencial en los humanos*. San Jose : revista SCIELO, 2002. Vol. 23. 0253-2948.
- APAZA Porto, HERNÁN RÓMULO. 2016. *DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MERCURIO EN AGUA Y SEDIMENTOS DEL RIO SUCHES-ZONA BAJO PARIÁ COJATA - PUNO*. Puno : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2016.
- ARAMÉNDIZ, TATIS, Cardona Ayala, C. y Alzate Román, K. 2017. Prueba de conductividad eléctrica en la evaluación de la calidad fisiológica de semillas en berenjena (*Solanum melongena* L.). Trujillo : revista SCIELO, 2017. Vol. 8. 2077-9917.
- ARCGIS. 2016. Argis.com.  
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=337de1a259ad4e1abad811c0d6188c1a>.
- AUGE, Miguel. 2007. *Agua fuente de Vida*. La plata : Universidad de Buenos Aires, 2007. págs. 1-31.
- AUTINO, Juan Carlos, Romanelli, Gustavo y Ruiz, Diego Manuel. 2013. *Introducción a la Química organica*. Argentina : Universidad de la plata, 2013. 978-950-34-0998-5.

- BARRENECHEA Martel, Ada. 2004. *ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Lima : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004.
- BENAVENTE , M., SJORÉN , A. y MARTÍNEZ, J. 2007. *Remoción de mercurio de efluentes mineros por biosorción: un caso de estudio en la ciudad de La Libertad, Chontales, Nicaragua*. Nicaragua : TESIS, 2007.
- BERNAL, Torres César Augusto. 2006. *Metodología de la investigación, Segunda Edición*. Mexico : PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- BELLAKHA , Meher, y otros. 2009. Efecto de una contaminación térmica y una eutrofización costera en la distribución del fitoplancton de la bahía de Sousse, Túnez - Effect of a coastal thermal pollution and eutrophication on the distribution of the phytoplankton of bay of Sousse, Tunisia. Malaga - España : revista REDALYC , 2009. 1695-7504.
- BUITRON Ortega, Diana Estefania. 2015. *BIOSORCIÓN DE CROMO Y NÍQUEL EN AGUAS CONTAMINADAS USANDO*. Quito : TESIS, 2015.
- CAMPARINI Gonzales, Oscar, y otros. 2015. *LAS RUTAS DEL ORO ILEGAL ESTUDIOS DE CASO EN CINCO PAÍSES AMAZÓNICOS*. Lima : NEGRAPATA S.A.C, 2015. 978-612-4261-06-0.
- CARRERO Gallardo, María Gabriela, y otros. 2019. *Synthesis and characterization of a novel biomaterial based on chitosan modified with amino acids*. Caracas : revista REDALYC, 2019. pág. 4. Vol. 24. 1517-7076.
- CARABANTES, Alexandra Galetovic y Fernicola, Nilda A.G.G. de. 2003. *Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública*. Brasil : revista SCIELO, 2003. Vol. 39.



- CÁRDENAS, GALO , SANZANA, JOHANA y INOCCENTINI MEI, LUCIA . 2002. *Synthesis and Characterization of Chitosan-PHB Blends*. Brasil : revista SCIELO, 2002. 0366-1644.
  
- CASTRO Mandujano, Olivio Nino. 2017. *Investigación aplicada con Quitina y Quitosano*. Lima : editorial academica española , 2017. 978-3-639-68624-1.
  
- CAVIEDES Rubio, Diego Ivan, y otros. 2015. *Treatments for Removal of Heavy Metals Commonly Found in Industrial Wastewater. A Review*. Colombia : Revista Ingeniería y Región., 2015. 1657-6985.
  
- CHÁVEZ PORRAS , Álvaro . 2010. DESCRIPCIÓN DE LA NOCIVIDAD DEL CROMO PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA CURTIEMBRE Y DE LAS POSIBLES FORMAS DE REMOVERLO. Medellin : Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2010. Vol. 9. 1692-3324.
  
- CAYO, Ricardo. 2019. *Mineria Informal*. [entrev.] conexión esan. 28 de Agosto de 2019.
  
- CCANPANA Salcedo, Yenny Rosa. 2015. *CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS*. Puno : TESIS, 2015.
  
- CIRELLI, Alicia Fernández. 2012. *El agua: un recurso esencial*. Argentina : revista REDALYC, 2012. 1666-7948.
  
- CONANT, Jeff y Fadem, Pam . 2011. *Guia Comunitaria para la Salud Ambiental*. EE.UU. : Hesperian Health Guides, 2011. 978-0-942364-59-0.
  
- CORSO Remigio, Amelia. 2015. *IMPACTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL*. Lima : TESIS, 2015.

- D.S. N°004-2017- MINAM. 2017. *Estandares nacionales de calidad ambiental para agua y disposiciones complementarias*. Lima : s.n., 2017.
- DIAS Arriaga, Farith A. 2014. *Mercurio en la minería del oro: impacto*. USA : Revista CSIELO, 2014. 947-957.
- DIAS GIL, Virginia y Fernandez Ugaz, Mary Paola. 2018. *FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA PROMOVER DE MANERA SOSTENIBLE LA ERRADICACIÓN DE LA MINERÍA ILEGAL Y FORMALIZACIÓN DE LA MINERÍA INFORMAL DESDE LA TEORÍA DE RONALD COASE*. Chiclayo : tesis UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, 2018.
- DÍAZ ARRIAGA, Farith A. 2014. *Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano*. 2014.
- DOMINGUEZ, Daniel Toro. 2015. *El boro*. 2015.
- *El MAR*. Fernández, José Luís Turabián y Franco, Benjamín Pérez. 2015. 2015, Scielo.
- ESPINOZA , Ortis Diego y FALERO, Alama Sandra . 2015. *Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo*. Tumbes : revista del instituto de investigación RIIGEO, 2015. pág. 5.
- FACSA. 2017. Metales Pesados. *facsa.com*. [En línea] 23 de Enero de 2017. [Citado el: 19 de Diciembre de 2019.] <https://www.facsa.com>.
- FERNÁNDEZ Navarro , Hans Andrés y Ferrando Acuña, Francisco José. 2017. *Glaciares rocosos en la zona semiárida de Chile: relevancia de un recurso hídrico sin protección normativa*. Chile : s.n., 2017. Vol. 27.

- FORNO, Eduardo y Pauwels, Gilberto. 2010. *contaminacion del agua*. Bolivia : REDALYC, 2010. Vol. 4. 1990-7451.
  
- FOSTER, S., Hirata, R., Gomes, D., DElia, M., & Paris, M. 2003. *Protección de la calidad del agua subterránea*. s.l. : Ediciones Mundi-Prensa,, 2003. 84-8476-146-0 .
  
- GAONA Martínes, Xavier. 2004. *El mercurio como contaminante global*. Barcelona : tesis, 2004.
  
- GARCIA Zapata , Teonila y Roca Ortega , Johana Melissa. 2008. *Industrialización de los crustáceos para la obtención de Quitosano en ungüento con efecto cicatrizante*. Lima : Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM, 2008. págs. 24-32. Vol. 11. 1560-9146.
  
- GARCIA, AMELIA. 2010. MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL II. Santo Domingo : ANAPEC, 2010. Vol. 3ra. Edición.
  
- GARCES J, Luz Ercilia y Coavas R, Susana Cecilia. 2012. EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION EN LA CASCARA DE NARANJA(Citrus sinensis)MODIFICADA CON QUITOSANO PARA LA REMOCION DE Cr (VI) EN AGUAS RESIDUALES. Cartagena : Repositorio de Universidad de Cartagena, 2012.
  
- GEOGRAPHIC, NATIONAL. 2019. EL AGUA FUENTE DE VIDA NATIONAL GEOGRAPHIC. [En línea] 2019. [Citado el: 21 de 04 de 2019.] [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/agua-fuente-vida\\_2189/1](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/agua-fuente-vida_2189/1).

- GÓMEZ, Adriana Marcela Alméciga. 2013. *pH Historia de un concepto*. Bogotá : tesis Universidad Pedagógica Nacional , 2013.
  
- GONZALES, Gustavo F., y otros. 2014. *CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA REVISIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN PERUANA*. Perú : revista SCIELO, 2014. Vol. 31. 1726-4634.
  
- GUERRERO Bohorquez, Carlos y Zabala Carrión, Bilberto Luis. 2018. *Influencia de la actividad minera en la cuenca del río Ramis - Puno*. puno : tesis, 2018.
  
- GUEVARA Cruz, Susana Cristina. 2015. *Riesgos a la salud por la contaminación radioactiva del agua potable de la ciudad de Riobamba*. Chimborazo : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015. UDCTFC;86T00017.
  
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2010. *Metodología de la investigación - Quinta edición*. Mexico : Mc Graw Hill, 2010.
  
- HERNÁNDEZ, Nélida. 2018. *El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión*. Venezuela : revista REDALYC, 2018.
  
- HUISA CCORI, Carlos, Tejada Bedoya, Zoilo Gualberto y Sarmiento.Mejía, Zenón. 2011. *Estudio del Diseño de Talud de las Escombreras Mineras para Mitigar el Impacto Ambiental por Deslizamiento. mina Cuajone* : revista Ciencia y Desarrollo, 2011. pág. 8. Vol. 13.
  
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2020. *Comportamiento de los indicadores de mercado laboral a nivel nacional* . PERÚ : INEI, 2020.

- IZQUIERDO, Jose Felipe, y otros. 2004. *Cinetica de las Reacciones Quimicas*. EDICIONS DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA. Barcelona : s.n., 2004. págs. 157-158.
  
- JULIAN PEREZ PORTO, Ana Gardey. 2010. *Definicion de agua* . 2010.
  
- KURAMOTO, Juana y Glave, Manuel. 2007. *La minería peruana: lo que sabemos y lo que aún nos falta saber*. Perú : GRADE, 2007.
  
- LÁREZ, Cristobal. 2006. *Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro*. Venezuela : revista REDALYC, 2006. págs. 15-21. Vol. 1. 1856-5301.
  
- LARRAIN VIAL, SAB. 2012. *MINERIA EN EL PERU*. Perú : El Comercia S.A., 2012.
  
- LOSTAUNAU, Luis Milla. 2000. *LA INDUSTRIA MINERA Y EL MEDIO AMBIENTE*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2000. Vol. 3.
  
- MÁRMOL, Zulay, y otros. 2011. *Quitina y Quitosano polímeros amigables*. Venezuela : Revista Tecnocientífica URU, 2011. pág. 55. 2244 - 775X.
  
- MARTINEZ Flores , Karina . 2013. *Cadmio efectos en la salud*. Buenos Aires : revista SCIELO, 2013. Vol. 21. 1851-3743.
  
- MALDONADO, Y., y otros. 2010. *Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan y Badillo*. 2010.
  
- MCCABE, Warren L., Smith, Julian C. y Harriott, Peter. 1994. *OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERIA QUIMICA*. 4. España : McGraw-Hill, 1994. pág. Pag. 803. 0-07-044828-0.

- MINAM. 2002. DECRETO SUPREMO Nº 003-2002-PRODUCE. 2002.
- MINAN. 2013. Ministerio del ambiente. *Minería*. [En línea] 2013. [Citado el: 16 de 04 de 2019.] [http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2\\_Minereia\\_ilegal.pdf](http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2_Minereia_ilegal.pdf).
- Molina, Alonso. 2019. conexión esan. [En línea] 28 de Agosto de 2019. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/mineria-informal-cual-es-su-situacion-actual-en-el-peru/>.
- MORA MOLINA, Jesús, y otros. 2012. *Elaboración de membranas de quitosano para la eliminación de metales pesados de aguas industriales. Costa Rica*. COSTA RICA : TESIS, 2012.
- MORÚM VILLALOBOS, Walter. 2011. *Eliminación de Metales Pesados de Aguas Residuales con Membranas de quitosano*. Costa Rica : Tesis, 2011.
- MOUSALLI KAYAT, Gloria. 2015. *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa*. s.l. : Commons Reconocimiento 4.0 Internacional, 2015.
- NIETO ORELLANA, Christian Ricardo y Orellana Ulloa, Valeria Patricia. 2011. *Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones*. Cuenca : tesis Universidad Politécnica Salesiana, 2011. págs. 53-58.
- ONU. 2019. *Agua y cambio climático*. Paris : Unesco, 2019. 978-92-3-300136-7.
- ONU, NACIONES UNIDAS. 2017. NOTICIAS ONU . [En línea] 17 de MAYO de 2017. <https://news.un.org/es/story/2017/05/1379201>.
- OSINERGIM. 2017. *La industria de la minería en el Perú*. Perú : s.n., 2017.

- OSORES PLENGE, Fernando, Rojas Jaimes, Jesús Eduardo y Manrique Lara Estrada, Carlos Hermógenes. 2012. *Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública*. Lima : revista SCIELO, 2012. 1728-5917.
  
- Obando Arango, Sara y Villegas, Nora. 2018. ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE LABORATORIO PARA LA MEDICIÓN DE LA DEMANDA BÉNTICA DE OXÍGENO EN MATRICES SEDIMENTARIAS DE DIFERENTE ORIGEN. Colombia : Revista Politécnica, 2018. Vol. 14.
  
- PACHECO, Jesús Francisco Roberto Tamayo. 2017. *La industria de la minería en el Perú*. Perú : Impreso en el Perú. Printed in Peru, 2017. 978-612-47350-1-1.
  
- PERALTA, Fernando. 1993. *Aguas subterráneas*. Talca - Chile : revista REDALYC, 1993. 0717-2877.
  
- PÉREZ PORTO, Julián y Gardey, Ana. 2010. definicion.de. *la sedimentación*. [En línea] 2010. [Citado el: 13 de 05 de 2019.] <https://definicion.de/sedimento/>.
  
- PÉREZ RUIZ, Jenifer Almendra . 2018. *“Efecto del biopolímero (quitosano) para la remoción de cloruros en aguas procedentes de la producción petrolera, Ucayali, Perú*. Ucayali : TESIS, 2018.
  
- PERÚ, Sociedad Geológica del Perú. 2012. *contaminación en el Rio Ramis*. PERÚ : SGP, 2012.
  
- PEÑA NEIRA, Sergio y Araya Meza, Patricio. 2021. *Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente*. Chile : revista SCIELO, 2021. 0797-8316.
  
- PICQUART, Michel y Carrasco Morales, Izayana . 2017. *pH Historia de un concepto*. 2017. págs. 2-10.

- PIÑA D. , Aurora y Cazal D. , Sasha . 2015. CRITERIOS PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE ESCOMBRERAS. *ESCOMBRERAS*. [En línea] 2015. [Citado el: 13 de 05 de 2019.]  
file:///C:/Users/USER/Downloads/Criteriosparaeldiseoymanejodeescombreras2015AP\_SC.pdf.
- POMA, Pedro A . 2008. *Intoxicación por plomo*. Lima : revista SCIELO, 2008. Vol. 69. 1025-5583.
- POSADA , Martha Posada y ARROYAVE, Maria del Pilar . 2006. *EFFECTOS DEL MERCURIO SOBRE ALGUNAS PLANTAS ACUÁTICAS TROPICALES*. Colombia : revista REDALYC, 2006. 1794-1237.
- PUENTE , Ivan , y otros. 2017. *TRATAMIENTO MICROBIANO DE AGUAS ACIDAD RESULTANTES DE LA ACTIVIDAD MINERA*. Madrid : revista SCIELO, 2017. Vol. 8. 2007-2422.
- QUEVEDO SALAS , Ruby Karina y Tafur Bravo, Leidy Katherina. 2014. *ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CROMADAS*. Tolima : TESIS, 2014.
- QUISPE, A. J. V. 2017. Bioadsorción con escamas de pescado para la remoción de plomo en aguas fortificadas del río San Juan-Pasco, 2017. 2017.
- RAMÍREZ , Augusto V. . 2008. *Intoxicación ocupacional por Mercurio*. Lima : revista SCIELO, 2008. Vol. 69. 1025-5583.
- RAMOS ALVARIÑO, Caridad. 2005. *Residuos Organicos*. Cuba : Revista REDALYC, 2005. Vol. 36. 1015-8553.



- RAMOS, Jose Luis. 2017. Bioadsorción con quitosano para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de curtiembre en Huachipa. Lima : Tesis, 2017.
  
- RANGEL MONTOYA, Edelweiss Airam. 2015. *Impacto del Arsénico en el ambiente y su transformacion por microorganismos*. s.l. : revista SCIELO, 2015. Vol. 33. 0187-5779.
  
- Reyes, E. 2006. Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa. 2006, págs. 59-64. —. 2016. Remocion de metales pesados con carbon activado como soporte de biomasa. 2016. págs. 59-64.
  
- RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, Mayra Lorena. 2011. *Absorción de metales pesados mediante biocompositos con base en quitina con diferentes grados de acetilación*. San Luis Potosi : TESIS, 2011.
  
- Rodríguez Heredia, Dunia . 2017. Intoxicación ocupacional por metales pesados. Santiago de Cuba : revista SCIELO, 2017. 1029-3019.
  
- RODRÍGUEZ, Alex Salomón Morey y Bravo, Andrea Liliana Quinde. 2012. *Obtención del quitosano y su aplicación en recubrimientos comestibles en mezclas con almidon en Guayaquil* . Ecuador : tesis , 2012.
  
- RUIZ HUAMÁN, Carmen Milagros. 2020. Biopolímero quitosano en la remoción de sólidos suspendidos en agua cola de la industria harinera de pescado para obtener un incipiente alimenticio. lima : tesis, 2020.
  
- SALCEDO, Yenny CCANCAPA y CARPIO, Alfredo Ludwig LOZA DEL. 2019. *MERCURIO EN UN ARROYO ALTOANDINO CON ALTO IMPACTO POR MINERÍA AURÍFERA ARTESANAL (LA RINCONADA, PUNO, PERÚ)*. Puno : tesis, 2019.

- SANCHEZ RIAL, Jose Enrique y Ferreira Centeno, Juan Pablo . 2016. *Drenajes ácidos de Mina*. Córdoba : revista SCIELO , 2016. 2519-5352.
- SANDOVAL, Gregory Mejía. 2006. *Aproximación teórica a la biosorción de metales*. Medellín : revista REDALYC, 2006. págs. 77-99. Vol. 1. 1900-9607.
- Sampieri, Hernández Roberto. 2014. *Metodología de la investigación*, sexta edición. Mexico D.F. : MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- SERRANO GARCÍA, Juan Jesus. 2011. Mercury levels on the environment and in biological fluids. Case of the metallurgy in Almadén, Spain (1986-2001). Maracay : revista SCIELO, 2011. 659267.
- SCHAFER, Isabel y ESCOBAR, Andrea. 2009. *Agua sostenible para el futuro*, volumen 2. s.l. : Elsevier, 2009.
- TEJERO MANZANAREZ, Jose. 2011. Mercury levels on the environment and in biological fluids. Case of the metallurgy in Almadén, Spain (1986-2001). *Artículo*
- TORRES CUZCANO, Victor. 2015. *Minería Ilegal e Informal en el Perú: Impacto Socioeconómico*. Lima : CooperAcción, 2015. 978-612-46770-4-5.
- TORRES, Patricia, CRUZ, Camilo Hernán y PATIÑO, Paola Janeth. 2009. índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica.
- TURABIAN FERNÁNDEZ, José Luís y Pérez Franco, Benjamín. 2015. EL MAR. SCIELO. [En línea] 2015.

[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-695X2015000100007](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-695X2015000100007). 1699-695X.

- VALDÉZ , Ricardo , ASOMBRÍO , Carlos y VERA, Dante. 2019. *LA MINERÍA NO FORMAL EN EL PERÚ*. Lima-Perú : Capital Humano y Social S.A, 2019.
- YARTO , Mario, Ize, Irina y Gavilán, Arturo. 2003. *El universo de las sustancias químicas peligrosas y su regulación para un manejo adecuado*. Mexico : revista REDALYC, 2003. 1405-2849.
- 2016. *La minería ilegal en Perú Entre la informalidad y el delito*. Perú : revista Nueva Sociedad , 2016. 0251-3552.
- 2020. *AGUA Y CAMBIO CLIMATICO* . s.l. : Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2020.
- 2017. *CONVENIO DE MINAMATA SOBRE EL MERCURIO* . [En línea] 2017. <https://www.mercuryconvention.org/es>.



## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Biosorción de Quitosán	La biosorción dependerá de las características de la especie, además esta capacidad se ve influenciada por ciertos factores como el tamaño de la partícula, el pH, y la biomasa.	La utilización del quitosano en aguas residuales para la extracción del mercurio, además se analizó por espectroscopia infrarroja para verificar los grupos funcionales y las bandas de adsorción FTIR del quitosán obtenido.	Parámetros Físicos	Dimensión de partícula	mm
					Dosis Biomasa	g/L
				Parámetros Químicos	pH	Acido – base (4 – 6)
Variable Dependiente	Remoción de mercurio	Capacidad de remoción del mercurio por gramo de biosorbente.	La concentración de mercurio, se medirá antes y después de los tratamientos con el quitosán, mediante el espectrofotómetro UV. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos del efluente tratado en cada uno del tratamiento.	Parámetros indirectos de remoción	Temperatura	°C
				Parámetros Químicos	Concentración de mercurio	mg/L


## ANEXO 2. Matriz de consistencia

### Biosorción del mercurio a partir del quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo (*Romaleon polyodon*) a nivel de laboratorio 2021

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es la efectividad del quitosano obtenido a partir de caparazones del cangrejo (<i>Romaleon polyodon</i>) para la biosorción del mercurio?</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>el quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo (<i>Romaleon polyodon</i>) es efectivo para la remoción del mercurio</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la efectividad de remoción del mercurio mediante el quitosano obtenido de los caparazones del cangrejo (<i>Romaleon polyodon</i>)</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Biosorción con quitosán</p>	<p>Quitosano</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Aplicada, cuantitativa</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p>Experimental puro</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b></p> <p><b>Población:</b> se considera a la especie de <i>Romaleon polyodon</i> (cangrejo)</p> <p><b>Muestra:</b> residuos de caparazones de la especie de <i>Romaleon polyodon</i> (cangrejo)</p> <p><b>Muestreo:</b> Probabilístico aleatorio</p> <p><b>TÉCNICA:</b></p> <p>Observación, experimentación y análisis</p> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <p>Ficha de datos</p>
<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cuál será el grado de desacetilación del quitosano obtenido a partir de los caparazones del cangrejo (<i>Romaleon polyodon</i>)?</p>		<p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar el grado de desacetilación del quitosán obtenido a partir de los caparazones del cangrejo.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Remoción del Mercurio</p>	<p>Parámetros Químicos</p>	
<p>¿Cuáles serán los factores físico-químicos óptimos en el proceso de biosorción con quitosán en la remoción del mercurio.</p>		<p>Determinar los factores físico-químicos (dimensión de partícula, Ph y dosis de biomasa) óptimos en el proceso de biosorción con quitosán</p>		<p>Parámetros Físicos</p>	
<p>¿Cuál será la concentración final del mercurio en el proceso de biosorción con quitosano?</p>		<p>Determinar la concentración final del mercurio en el proceso de biosorción con quitosano</p>			

### ANEXO 3. Instrumento de recolección de datos

FICHA N.º 1: Cadena de Custodia		
Proyecto: Biosorción del mercurio a partir del Quitosano obtenido de los caparazones de cangrejo ( <i>Romaleon Polyodon</i> ) a nivel de laboratorio		
Línea de investigación		
Nombre del investigador	Mishell Victoria Salas Aparicio	
Nombre de Asesor	Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy	
Procedencia de la Muestra		
Tipo de Agua		
Parámetros a Analizar	Parámetros Químicos	
Fecha de muestreo		
Hora de muestreo		
Ubicación del punto de muestreo	E	N


 Firmado digitalmente por  
 Freddy Pillpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pillpa  
 Aliaga, o=Colegio de  
 Ingenieros del Perú, ou=CIP  
 196897,  
 email=fpillpa@gmail.com,  
 c=PE  
 Fecha: 2021.11.05 13:13:12  
 -05'00

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308



**CIP: 208812**  
**DNI: 45826913**  
**Telf.: 923828564**

**FICHA N.º 2: Recolección de datos para el proceso de bioadsorción con quitosano**

Tratamiento	Replica	Dimensión de partícula	Dosis de biomasa	pH	Concentración inicial
T1	T1- (I)				
T2	T2- (I)				
T3	T3- (I)				
T4	T4- (I)				
T5	T5- (I)				
T6	T6- (I)				
T7	T7- (I)				
T8	T8- (I)				



Firmado digitalmente por  
 Freddy Pilpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pilpa  
 Aliaga, o=Colegio de  
 Ingenieros del Perú, ou=CIP  
 196897,  
 email=fpilpa@gmail.com,  
 c=PE  
 Fecha: 2021.11.05 13:13:12  
 -05'00'

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308



**CIP: 208812**  
**DNI:45826913**  
**Tel.: 923828564**



**FICHA N.º 3: Recolección de datos para la remoción del mercurio**

Tratamiento	Replica	Parámetros Físicos		Remoción de mercurio	
		Tº	Tiempo de contacto	Concentración Inicial	Concentración Final
T1	T1- (I)				
T2	T2- (I)				
T3	T3- (I)				
T4	T4- (I)				
T5	T5- (I)				
T6	T6- (I)				
T7	T7- (I)				
T8	T8- (I)				



Firmado digitalmente por  
 Freddy Pillpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pillpa  
 Aliaga, o=Colegio de  
 Ingenieros del Perú, ou=CIP  
 196897,  
 email=fpillpaa@gmail.com,  
 c=PE  
 Fecha: 2021.11.05 13:13:12  
 -05'00'

Atentamente,




Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308



**CIP: 208812**  
**DNI: 45826913**  
**Telf.: 923828564**

### FICHA N.º 4: Resumen de datos para el análisis estadístico

Tratamiento	Replicación	Muestra no tratada (mg/l)	Dimensión de partícula	Dosis de biomasa	pH	Tiempo de contacto (Horas)	% de remoción
T1	T1- (I)	10				6	
T2	T2- (I)						
T3	T3- (I)						
T4	T4- (I)						
T5	T5- (I)						
T6	T6- (I)						
T7	T7- (I)						
T8	T8- (I)						



Firmado digitalmente por  
 Freddy Pilpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pilpa  
 Aliaga, o=Colegio de  
 Ingenieros del Perú, ou=CIP  
 196897,  
 email=fpilpa@gmail.com,  
 c=PE  
 Fecha: 2021.11.05 13:13:12  
 -05'00'

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308



**CIP: 208812**  
**DNI: 45826913**  
**Tel.: 923828564**

# VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Freddy Pillpa Aliaga**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Restauración geomorfológica
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia
- 1.5. Autora del Instrumento: Mishell victoria Salas Aparicio

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%
-----

Lima, 30 de octubre del 2021

DNI: 70298990  
Telf.: 942 966 666

Firmado digitalmente por  
Freddy Pillpa Aliaga  
Nombre de reconocimiento (DN):  
cn=Freddy Pillpa Aliaga,  
o=Colegio de Ingenieros del Perú,  
ou=CIP 196897,  
email=fpillpa@gmail.com,  
c=PE  
Fecha: 2021.11.05  
13:12:22 -05'00'

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Freddy Pillpa Aliaga**
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Restauración geomorfológica.
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para el proceso de bioadsorción con quitosano.
- 5.5. Autora del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio.

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación


SI
-

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%
-----

Lima, 30 de octubre del 2021

DNI: 70298990  
Telf.: 942 966 666



Firmado digitalmente por  
Freddy Pillpa Aliaga  
Nombre de reconocimiento  
(DN): cn=Freddy Pillpa  
Aliaga, o=Colegio de  
Ingenieros del Perú, ou=CIP  
196897,  
email=fpillpa@gmail.com,  
c=PE  
Fecha: 2021.11.05 13:13:29  
-05'00'

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Freddy Pillpa Aliaga**  
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Restauración geomorfológica  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para la remoción del mercurio.  
 9.5. Autora del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 30 de octubre del 2021

**DNI: 70298990**  
**Telf.: 942 966 666**



Firmado digitalmente por  
 Freddy Pillpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,  
 o=Colegio de Ingenieros del  
 Perú, ou=CIP 196897,  
 email=fpillpaa@gmail.com,  
 c=PE  
 Fecha: 2021.11.05 13:14:41  
 -05'00'

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Freddy Pillpa Aliaga**  
 13.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte  
 13.3. Especialidad o línea de investigación: Restauración geomorfológica  
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resumen de datos para el análisis estadístico.  
 13.5. Autora del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación


SI
-

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 30 de octubre del 2021

DNI: 70298990  
Telf.: 942 966 666


  
 Firmado digitalmente por  
 Freddy Pillpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pillpa  
 Aliaga, o=Colegio de  
 Ingenieros del Peru, ou=CP  
 196897,  
 email=fpillpa@gmail.com,  
 c=PE  
 Fecha: 2021.11.05 13:13:45  
 -0500'



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista en Medio Ambiente
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia
- 1.5. Autoras del Instrumento: Mishell victoria Salas Aparicio

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>85%</b>
------------

Lima, 04 de noviembre del 2021

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio**
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista en Medio Ambiente
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para el proceso de bioadsorción con quitosano.
- 5.5. Autoras del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio.

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>SI</b>
-

**85%**

Lima, Octubre 2019

Juan Julio Ordoñez Galvez

DN: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio**  
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista en Medio Ambiente  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para la remoción del mercurio.  
 9.5. Autoras del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**85%**

Lima, 04 de noviembre del 2021

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### XIII. DATOS GENERALES

- 13.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Galvez Juan Julio  
 13.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo "UCV" / Lima-Norte.  
 13.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista en Medio Ambiente  
 13.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resumen de datos para el análisis estadístico.  
 13.5. Autoras del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 04 de noviembre del 2021

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Nacional de San Agustín
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia
- 1.5. Autoras del Instrumento: Mishell victoria Salas Aparicio


**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

<b>90%</b>
------------



Arequipa, 06 de diciembre del 2021

**CIP: 208812**  
**DNI: 45826913**  
**Telf.: 923828564**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez  
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Nacional de San Agustín  
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental  
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para el proceso de bioadsorción con quitosano.  
 5.5. Autoras del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio.

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

<b>90%</b>
------------

Arequipa, 06 de diciembre del 2021



CIP: 208812  
 DNI: 45826913  
 Telf.: 923828564

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez  
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Nacional de San Agustín  
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental  
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para el proceso de bioadsorción con quitosano.  
 5.5. Autoras del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio.

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

<b>90%</b>
------------

Arequipa, 06 de diciembre del 2021



CIP: 208812  
 DNI:45826913  
 Telf.: 923828564



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**IX. DATOS GENERALES**

- 9.1. Apellidos y Nombres: Mg. Lalo José Monzón Martínez  
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Nacional de San Agustín  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos para la remoción del mercurio.  
 9.5. Autoras del Instrumento: Mishell Victoria Salas Aparicio

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90%
-----



Arequipa, 06 de diciembre del 2021

CIP: 208812  
 DNI: 45826913  
 Telf.: 923828564

## ANEXO 4: Preparación de la solución de mercurio a 10 ppm

a) Preparación de la solución de HCl a 0.1 M.

Datos:

- Concentración de peso: 37%
- Densidad: 1.18 g/mL o 1180 g/L
- Masa Molecular: 36.5 g

1ro Se calcula la molaridad del reactivo concentrado.

$$C_{HCl} = \frac{1180 \text{ g de reactivo}}{1 \text{ L de reactivo}} \times \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g de reactivo}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}}$$
$$C_{HCl} = 11.96 \text{ M} = 12 \text{ M}$$

2ro Calcular el número de moles de HCl necesarios para la disolución diluida.

$$\text{Moles de HCl} = 250 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L}}$$
$$C_{HCl} = 0.025 \text{ mol de HCl}$$

3ro Para obtener el volumen del reactivo concentrado se divide el 1er resultado entre el 2do.

$$\text{Vol. de reactivo concentrado} = 0.025 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ L de reactivo}}{12 \text{ mol de HCl}}$$
$$\text{Vol. de reactivo concentrado} = 0.00208 \text{ L de HCl}$$
$$\text{Vol. de reactivo concentrado} = 2.08 \text{ mL de HCl}$$

El HCl tiene un solo equivalente, de ahí que en caso de la normalidad será igual a la molaridad:  $N=M$   
Entonces necesitamos 2.08 mL de la solución de HCl, lo cual completamos hasta un volumen de 100 mL para preparar LOS 100 mL de la solución al 0.1 M que requerimos.

## b) Preparación de la solución de HCl a 1.5 M.

Datos:

- Concentración de peso: 37%
- Densidad: 1.18 g/mL o 1180 g/L

- Masa Molecular: 36.5 g

1ro Se calcula la molaridad del reactivo concentrado.

$$C_{HCl} = \frac{1180 \text{ g de reactivo}}{1 \text{ L de reactivo}} \times \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g de reactivo}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}}$$
$$C_{HCl} = 11.96 \text{ M} = 12 \text{ M}$$

2ro Calcular el umero de moles de HCl necesarios para la disolución diluida.

$$\text{Moles de HCl} = 125 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1.5 \text{ mol HCl}}{\text{L}}$$
$$C_{HCl} = 0.1875 \text{ mol de HCl}$$

3ro Para obtener el volumen del reactivo concentrado se divide el 1er resultado entre el 2do.

$$\text{Vol. de reactivo concentrado} = 0.1875 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ L de reactivo}}{12 \text{ mol de HCl}}$$
$$\text{Vol. de reactivo concentrado} = 0.0156 \text{ L de HCl}$$
$$\text{Vol. de reactivo concentrado} = 15.6 \text{ mL de HCl}$$

El HCl tiene un solo equivalente, de ahí que en caso de la normalidad será igual a la molaridad:  $N=M$

$$(N) = (M) \times (eq)$$

Entonces necesitamos 15.6 mL de la solución de HCl, lo cual completamos hasta un volumen de 100 mL para preparar los 125 mL de la solución al 1.5 M que requerimos.

### c) Preparación de la solución de NaOH a 0.1 M

Datos:

V= Volumen de la solución = 0.1 L

C= Concentración = 0.1 M = 0.1 mol/L

m=masa del compuesto = ¿?

M= masa molecular del compuesto= 39.9969 g/mol

1ro. De la ecuación despejas la cantidad de masa de NaOH

$$C = m / (\text{Masa molecular} \times V)$$
$$m = C \times \text{Masa molecular} \times V$$

2do. Reemplazas los datos en la euación



$$m = 0.1 \text{ mol/L} \times 39.9969 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ L}$$

$$m = 0.4 \text{ gramos de NaOH}$$

Entonces necesitamos 0.4 gramos de NaOH, para preparar la solución de NaOH a 0.1 M en 100 mL.

#### d) Preparación de la solución de NaOH a 1 M

Datos:

V= Volumen de la solución = 0.250 L

C= Concentración = 0.1 M = 0.1 mol/L

m=masa del compuesto = ¿?

M= masa molecular del compuesto= 39.9969 g/mol

1ro De la ecuación despejas la cantidad de masa de NaOH

$$C = m / (\text{Masa molecular} \times V)$$

$$m = C \times \text{Masa molecular} \times V$$

2ro Reemplazas los datos en la ecuación

$$m = 1 \text{ mol/L} \times 39.9969 \text{ g/mol} \times 0.250 \text{ L}$$

$$m = 9.99 \text{ gramos de NaOH}$$

Entonces necesitamos 9.99 gramos de NaOH, para preparar la solución de NaOH a 1 M en 250 mL.

#### e) Preparación de la solución de NaOH al 50%.

1ro. Para calcular la cantidad de NaOH al 50% se usa la siguiente formula:

$$\% \frac{p}{v} = \frac{\text{gramos (cant. de NaOH)}}{\text{volumen de la disolucion}} \times 100$$
$$\text{gramos de NaOH} = (\% \times \text{Volumen de la solución}) / 100$$

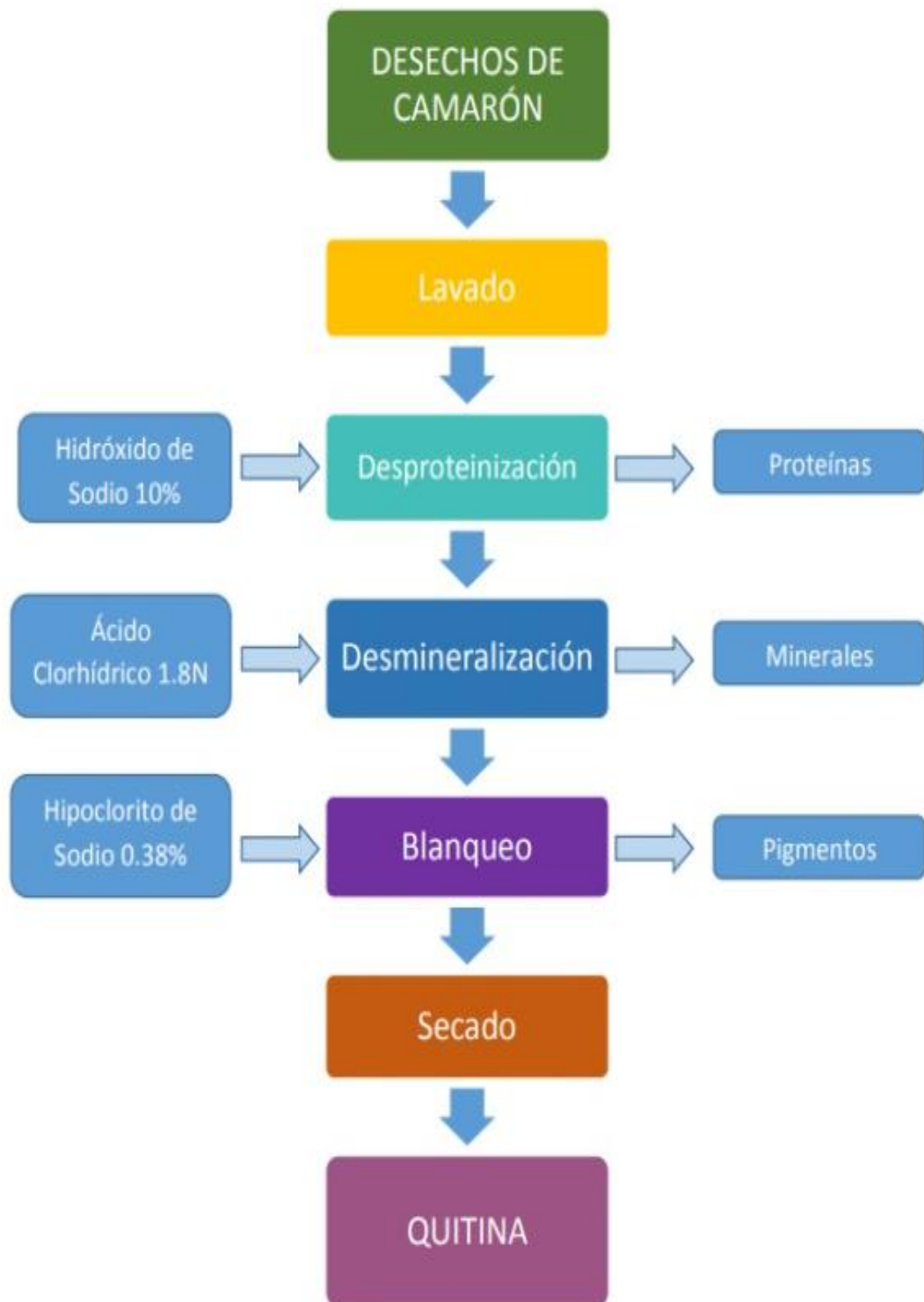
2do. Reemplazamos los datos en la fórmula:

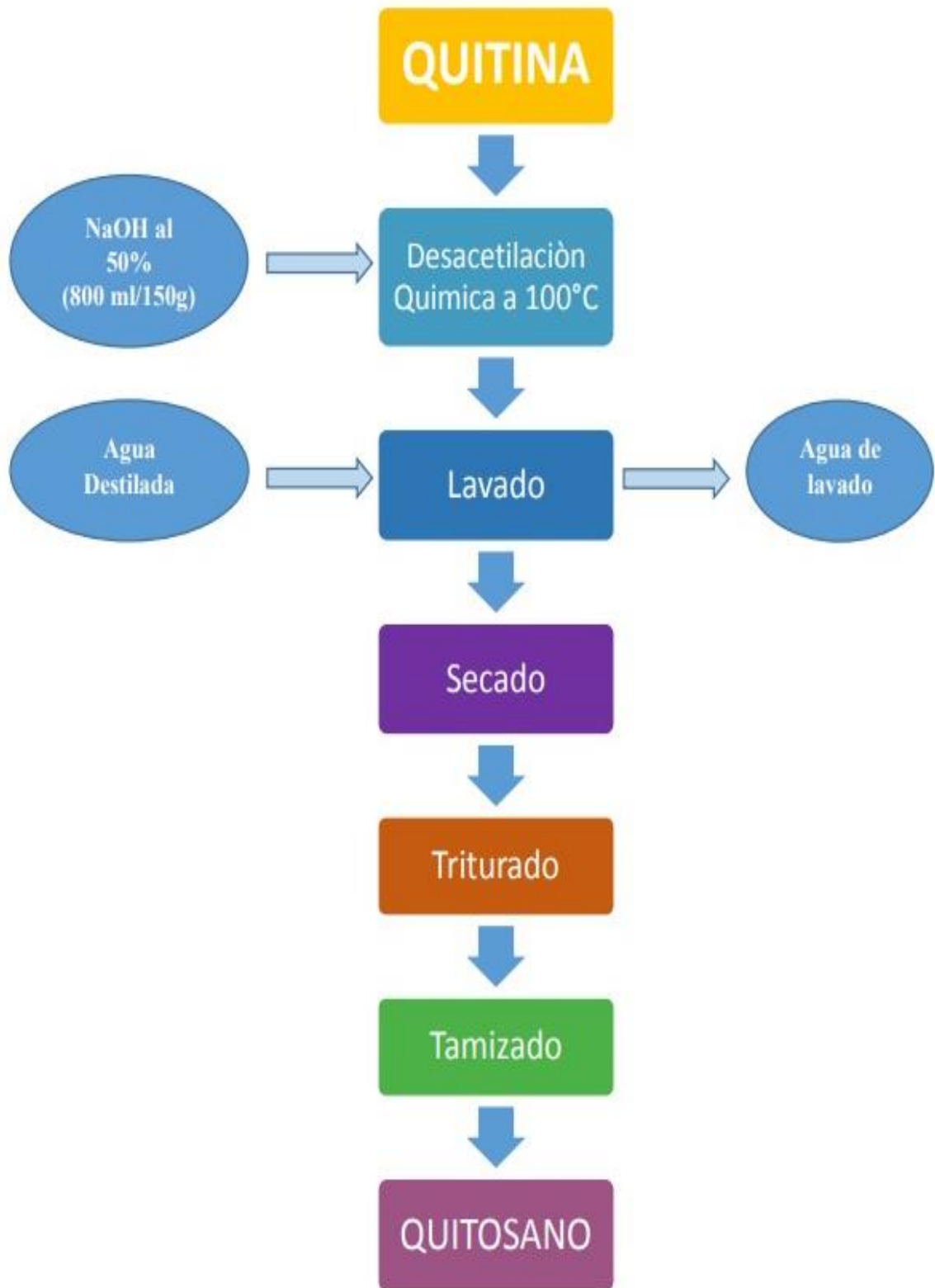
$$\text{gramos de NaOH} = (50 \text{ g} \times 250 \text{ mL}) / 100 \text{ mL}$$

$$\text{Cantidad de NaOH} = 125 \text{ gramos}$$

Entonces necesitamos 125 gramos de NaOH, para preparar la solución de NaOH al 50 % (p/v) en 250 mL.

## ANEXO 5: Diagrama de flujo de obtención de quitina





ANEXO 6. Recolección de MATERIA PRIMA (residuos de caparazones de cangrejo)



Los residuos de los caparazones del cangrejo (*Romaleon polyodon*) fueron recolectados del mercado el Palomar.

Procedimiento para la obtención del quitosano



**Selección y Lavado:** Se seleccionaron los residuos en una fuente, luego se lavó con agua destilada para retirar la mayor cantidad de residuos adheridos en los caparazones este proceso se repitió hasta que los caparazones queden libres de residuos.



**Secado:** Se secaron los caparazones del camarón en una estufa a 50 °C por 72 horas, hasta llegar a un peso constante libre de humedad



*Molienda y Tamizado:*

Los caparazones libres de humedad se procedió a moler en un mortero y posteriormente se tamizó hasta un tamaño determinado de partícula de 460  $\mu$ m

**Despigmentación.** Se preparó una solución de etanol al 85 % v/v, en relación de 1/10, en agitación por 2 h. a una T° de ambiente, luego se filtró y se lavó el caparazón con agua destilada reiteradas veces y se llevó a secar en una estufa a 65°C por 6 horas.



Preparación de la solución de etanol al 85%



Solución de etanol al 85 % y biomasa triturada



Proceso de contacto de la solución de etanol y biomasa

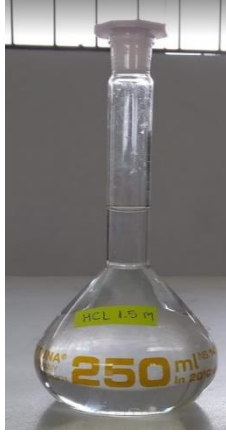


- Agitación por 2 horas
- Filtración



Secado por 6 horas a 65°C

*Desmineralización:* Se preparó la solución de HCl a 1.5 M para separar los minerales presentes en el caparazón. Se trabajó con una relación de 1/10, en agitación constante por 3 h. a una T° de ambiente. Luego se filtró y se fue lavo con agua destilada hasta tener un pH neutro (6.5-7) y se procedió a secar en una estufa a 65°C por 6 horas



- Preparación de la solución de HCl a 1.5 M
- Enrase de la solución de HCl a 1.5 M en una fiola de 100 mL.



- Proceso de contacto de la solución de HCl a 1.5M y biomasa
- Proceso de agitación por 3 horas



- Filtración
- Secado a 65°C por 6 horas

**Desproteínezación:** Se preparó la solución de NaOH a 1 M, para separar las proteínas, en esta etapa se procedió a disolver la biomasa en 250 ml de NaOH en agitación constante por 2 horas a una T° de 80 °C, se filtró y se lavó con agua destilada hasta llegar a un pH neutro (6.5-7) y se secó en una estufa a 65°C por 6 horas, en esta etapa se obtiene la quitina.





- Preparación de la solución de NaOH a 1M.
- Disolución de la solución en agua destilada



- Enrase de la Solución de NaOH a 1M en una fiola

- Proceso de contacto de la solución de NaOH a 1M y biomasa



Agitación constante constante por 2 horas, a una T° de 80 °C





- Proceso de filtración
- Secado por 6 horas a una T° de 65 °C.

**Desacetilación:** Se preparó la solución de NaOH al 50% p/v. la quitina obtenida del caparazón del camarón en la etapa anterior fue disuelta en 100 ml de NaOH al 50 % en agitación constante durante 3 horas a 100 °C, luego se filtró y seguidamente se lavó con abundante agua destilado hasta obtener un pH neutro (6.5-7) y finalmente se llevó a secar a la estufa a una temperatura de 65°C por 6 horas.



Pesado y disolución del NaOH en agua destilada



Solución de NaOH a 50%



Agitación constante por 3 horas a 100 °C.



- Proceso de filtración
- Secado por 6 horas a una T° de 65°C

## ANEXO 7. PREPARACION DEL AGUA CON SOLUCIÓN DE MERCURIO (Hg) A 10ppm



Se pesó 0.0069 gramos de cloruro mercúrico ( $HgCl_2$ ) en una balanza analítica y se disolvió en un tubo de ensayo con agua destilada.



En un vaso precipitado de 1000 ml, se agregó la solución de mercurio a 10 ppm con una pipeta volumétrica y se completó hasta la medida de 1L.



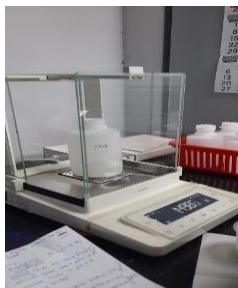
Con el equipo multiparámetro se midió el pH de la solución de mercurio a 10 ppm.

Se utilizó HCl a 0.1 N y NaOH a 0.1 N para llegar al pH requerido para el tratamiento.



Se almacenó la solución de mercurio a 10 ppm en 2 fiasas de 1000 mL con los pH requeridos para el tratamiento.

## ANEXO 8. PROCESO DE BIOADSORCIÓN



Se peso el quitosano en una balanza analítica según la dosis de masa requerida para el tratamiento (0.5 y 1.5 g) respectivamente.

Luego se activó el quitosano con ácido acético en un tubo de ensayo.



En una probeta graduada de 250 ml se agregó el quitosano activado y la solución de mercurio a 10 ppm hasta completar los 250 ml requerido. Se almaceno en los frascos brindados por el laboratorio de CERPER S.A. la cual se rotulo para su posterior proceso.



Las 8 muestras para el tratamiento se pusieron en agitación constante durante 6 horas en un tambor giratorio.



Después de 6 horas de contacto entre el bioadsorbente con la solución de mercurio en el tambor giratorio, se procedió a la filtración al vacío y su posterior almacenamiento en frascos proporcionados por el laboratorio CERPER S.A. para su posterior análisis

ANEXO 9. Comparación de los picos de las bandas del espectro del quitosano comercial “ACROS” y el quitosano obtenido de los caparazones del camarón.

Fuente	Determinación por FT-IR
Quitosano comercial “ACROS”	Se muestra los siguientes picos ( $cm^{-1}$ ): 3360.06, 2873.04, 1661.23, 1373.3, 1310.5, 1145.7, 1036.13, 890.2
Quitosano obtenido	Se muestra los siguientes picos ( $cm^{-1}$ ): 3355.25, 2872.28, 1647.56, 1375.02, 1313.9, 1149.60, 1025.62, 894.15

**ANEXO 10. Tabla de las bandas de absorción características para los grupos funcionales más comunes**

<b>Frecuencias características de grupos orgánicos poliatómicos</b> f = fuerte, m = medio, d = débil			
<b>Tipo de vibración</b>	<b>Frecuencia (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Intensidad</b>	
O-H	Alcoholes, fenoles Libre	3650-3600	m
	Alcoholes, enlace H	3500-3200	m
	Ácidos carboxílicos	3400-2400	m
N-H	Aminas y amidas primarias y secundarias (tensión)	3500-3100	m
	Aminas y amidas primarias y secundaria (flexión)	1640-1550	m-f
C-N	Aminas	1350-1000	m-f
C=C	Iminas y oximas	1690-1640	d-f
C≡N	Nitrilos	2260-2240	m
X=C=Y	Alenos, quetanos, isocianatos, isotiocianatos	2270-1950	m-f
N=O	Nitro (R-NO <sub>2</sub> )	1550 y 1350	f
S-H	Mercaptanos	2550	d
S=O	Sulfóxidos	1050	f
	Sulfones, cloruros de sulfónidos	1375-1300 y	f
	Sulfatos, sulfoamidas	1200-1140	f
C-X	Fluoruro	1400-1000	f
	Cloruro	800-600	f
	Bromuro, yoduro	<667	f



## Frecuencias características de grupos orgánicos poliatómicos

f = fuerte, m = medio, d = débil

Tipo de vibración		Frecuencia (cm <sup>-1</sup> )	Intensidad
C-H	Alcanos (tensión)	3000-2850	f
	-CH <sub>3</sub> (flexión)	1450 y 1375	m
	-CH <sub>2</sub> - (flexión)	1465	m
	Alquenos (tensión)	3100-3000	m
	Alquenos (fuera del plano de flexión)	1000-650	f
	Aromáticos (tensión)	3150-3050	f
	Aromáticos (fuera del plano de flexión)	900-690	f
	Alquino (tensión)	ca. 3300	f
	Aldehídos	2900-2800	d
2800-2700		d	
C-C	Alquenos	No interpretable	
C=C	Alqueno	1680-1600	m-d
	Aromáticos	1600 y 1475	m-d
C≡C	Alquino	2250-2100	m-d
C=O	Aldehído	1740-1720	f
	Cetona	1725-1705	f
	Ácidos carboxílicos	1725-1700	f
	Éster	1750-1730	f
	Amida	1670-1640	f
	Anhídridos	1810 y 1760	f
	Cloruro ácido	1800	f
C-C	Alcoholes, éteres, ésteres ácidos carboxílicos, anhídridos	1300-1000	f
O-H	Alcoholes, fenoles Libre	3650-3600	m
	Alcoholes, enlace H	3500-3200	m
	Ácidos carboxílicos	3400-2400	m

## ANEXO 11. Análisis por espectroscopia infrarroja

A continuación, en la figura, se presenta espectro infrarrojo del quitosano patrón comercial “Acros”, el mismo que servirá, para poder comparar y validar el resultado obtenido del análisis del espectro FTIR del quitosano obtenido, mediante los picos de las bandas de adsorción del espectro. (ver anexo)

SHIMADZU

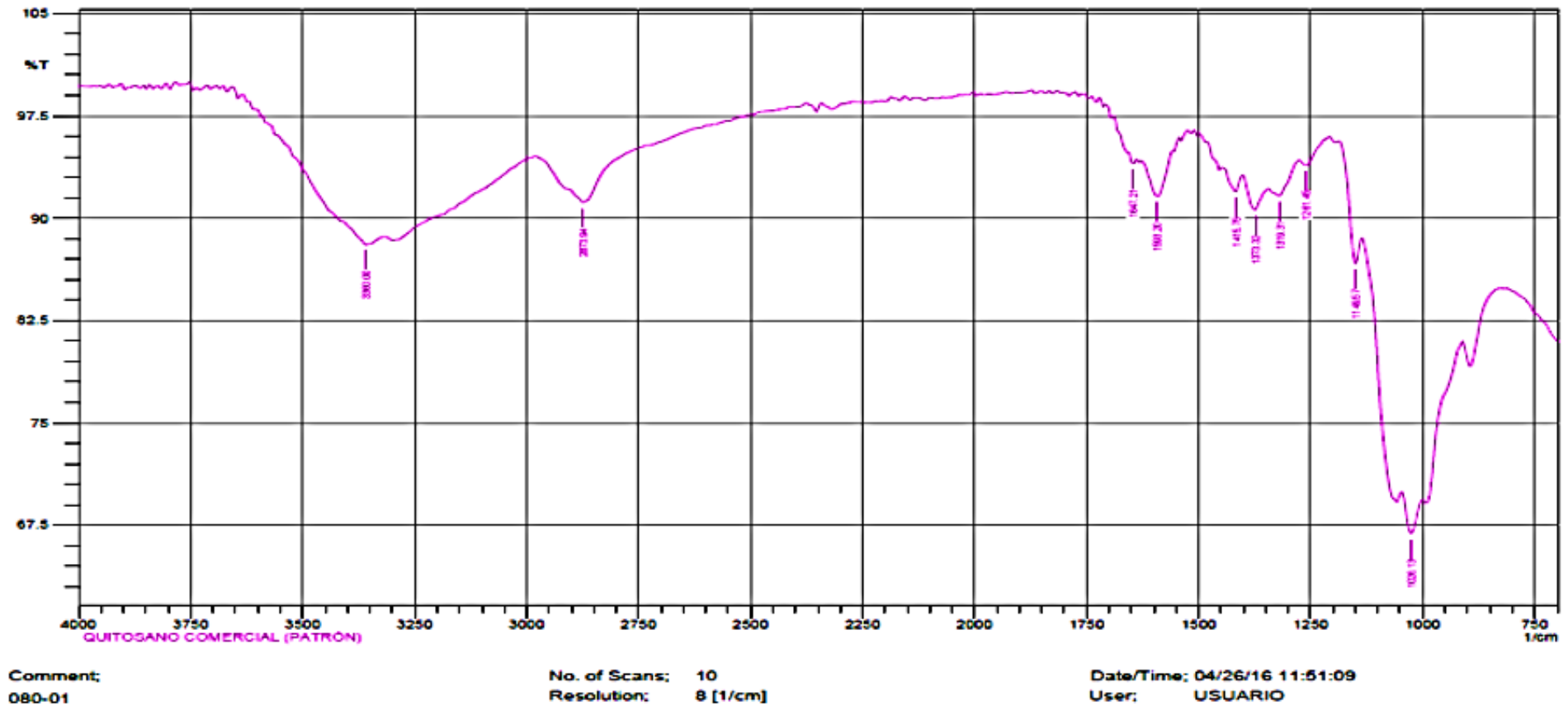
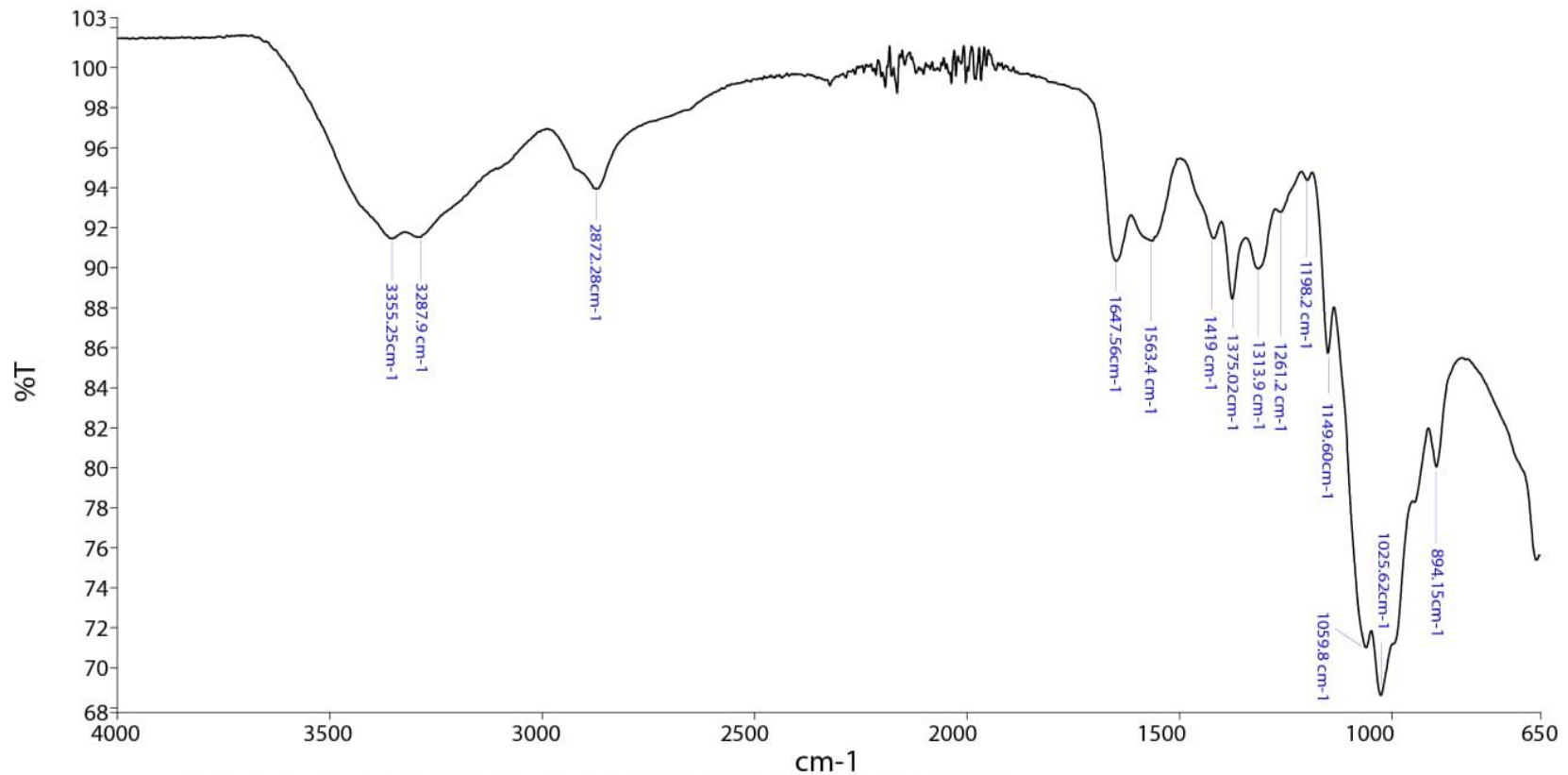


Figura 3. Espectro FTIR del quitosano, Patrón comercial “Acros”. Fuente: USAQ de la UNMSM-Lima



Analista

Administrator



28633 - Quitosano 28633 - Quitosano - By Investigacion Date Wednesday, February 26 2020

## ANEXO 12. Resultados de la caracterización del quitosano



Laboratorio de  
Investigación y Servicios  
LABINVSERV

### INFORME DE ENSAYOS

<b>N° DE REPORTE:</b>	<b>22536-20</b>
<b>CLIENTE:</b>	MISHELL VICTORIA SALAS APARICIO
<b>DIRECCIÓN:</b>	AREQUIPA
<b>ENSAYO SOLICITADO:</b>	ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA
<b>PRODUCTO</b>	QUITOSANO DE CAPAZON DE CANGREJO
<b>CANTIDAD DE MUESTRA</b>	01
<b>FECHA DE RECEPCION:</b>	Martes , 25 de febrero de 2020
<b>CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:</b>	FRASCO DE PLASTICO.
<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:</b>	Miércoles, 04 de marzo de 2020
<b>REFERENCIA</b>	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
<b>PROCEDENCIA</b>	ELABORACION PROPIA
<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	28633

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.  
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

Página 1 de 3



**INFORME DE ENSAYOS**

**REPORTE N°: 22536-20**

**BANDAS DE ABSORCIÓN FTIR Y SUS RESPECTIVOS GRUPOS FUNCIONALES  
QUITOSANO DE CAPARAZON DE CANGREJO**

Número de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupos Funcionales
3550-3200	Estiramiento O-H
3355.25	Estiramiento asimétrico N-H
3287.9	Estiramiento simétrico N-H
2872.28	Estiramiento simétrico C-H <sub>2</sub>
1647.56	Amida I C=O
1563.4	Amida II N-H
1419	Flexión O-H
1375.02	Estiramiento simétrico C-H <sub>2</sub>
1313.9	Tensión C-N
1261.2	Estiramiento C-N
1198.2	Estiramiento C-O
1149.60	Estiramiento C-O
1059.8	Estiramiento simétrico C-O-C
1025.62	Estiramiento simétrico C-O
894.15	Estiramiento C-O-C

ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
% Desacetilación	%	84.92	Espectroscopía infrarroja
OBSERVACIONES:			

Emitido en Arequipa, el 04 de marzo de 2020

Página 3 de 3

**Dr. Juan Reyes Larico**  
Jefe de Laboratorio  
RCOP - 348



**Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén**  
Químico Responsable

## ANEXO 13. Resultados de Análisis de agua



Arequipa, 05 de noviembre de 2021

Carta N° 328-21/MA/CERPER AREQUIPA

**SALAS APARICIO, MISHELL VICTORIA**

Asunto: **Entrega de Informe de Ensayo**

De mi mayor consideración:

Reciba nuestro cordial saludo a nombre de CERPER S.A. y de esta manera hacer la entrega de los siguientes informes indicados:

HS	OSMA	N° INFORME
21008560	OSMA-09729-2021	2-00520/21 2-00533/21

Sin otro particular, me despido de Usted reiterándole mis sentimientos de mayor consideración.

Atentamente,

Área de Coordinación de Laboratorio  
CERPER S.A.

Recibido por: *Mishell V. Salas Aparicio*  
Firma: *[Handwritten Signature]*  
Fecha: *05 - noviembre de 2021*  
Hora: *3:00 PM*

## INFORME DE ENSAYO N° 2-00520/21

Página 1/2

Solicitante	: SALAS APARICIO, MISHELL VICTORIA
Domicilio legal	: URB. GUARDIA CIVIL 3RA ETAPA M2 O LOTE 2 - PAUCARPATA - AREQUIPA - AREQUIPA
Producto declarado	: AGUA DE PROCESO
Lugar de Muestreo	: —
Fecha de Muestreo	: 2021-10-05
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 1.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2021-10-07
Fecha de inicio del ensayo	: 2021-10-07
Fecha de término del ensayo	: 2021-10-15
Ensayo realizado en	: Laboratorio ICP-AA Callao
Identificado con	: HS 21008560 (EXMA-09729-2021)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
	BQ-01	---		
BQ-02	---	---	---	---
BQ-03	---	---	---	---
BQ-04	---	---	---	---
BQ-05	---	---	---	---
BQ-06	---	---	---	---
BQ-07	---	---	---	---
BQ-08	---	---	---	---



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) - [www.cerper.com](http://www.cerper.com)



**INFORME DE ENSAYO N° 2-00520/21**

Página 2/2

**RESULTADOS**

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo			
			BQ-01	BQ-02	BQ-03	BQ-04
			2021-10-06 17:30	2021-10-06 17:30	2021-10-06 17:30	2021-10-06 17:30
			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Mercurio (Callao)	0,0002	mg/L	2,45	0,58	3,4	0,68

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo			
			BQ-05	BQ-06	BQ-07	BQ-08
			2021-10-06 17:30	2021-10-06 17:30	2021-10-06 17:30	2021-10-06 17:30
			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Mercurio	0,0002	mg/L	2,55	0,80	3,2	0,65

**MÉTODOS**

Mercurio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B, 23rd Ed.2017. Metales by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry. Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 22 de octubre de 2021

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**
  
 BLGO. CATHERINE SERVÁN V.  
 C. B. P. N° 6694  
 SUPERVISOR LABORATORIO  
 MICROBIOLOGÍA

 AREQUIPA  
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
 Miraflores - Arequipa  
 T. (054) 265572

 CALLAO  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
 T. (511) 319 9500

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) - [www.cerper.com](http://www.cerper.com)



## INFORME DE ENSAYO N° 2-00533/21

Página 1/2

Solicitante	: SALAS APARICIO, MISHELL VICTORIA
Domicilio legal	: URB. GUARDIA CIVIL 3RA ETAPA MZ O LOTE 2 - PAUCARPATA - AREQUIPA - AREQUIPA
Producto declarado	: AGUA DE PROCESO
Lugar de Muestreo	: —
Fecha de Muestreo	: 2021-10-18
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 1.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2021-10-18
Fecha de inicio del ensayo	: 2021-10-18
Fecha de término del ensayo	: 2021-10-29
Ensayo realizado en	: Laboratorio ICP-AA Callao
Identificado con	: MS 21008560 (EXMA-09729-2021)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
BQ-01 (l)	—	—	—	—
BQ-02 (l)	—	—	—	—
BQ-03 (l)	—	—	—	—
BQ-04 (l)	—	—	—	—
BQ-05 (l)	—	—	—	—
BQ-06 (l)	—	—	—	—
BQ-07 (l)	—	—	—	—
BQ-08 (l)	—	—	—	—



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com



## INFORME DE ENSAYO N° 2-00533/21

Página 2/2

### RESULTADOS

		Estación de Muestreo	BQ-01 (I)	BQ-02 (I)	BQ-03 (I)	BQ-04 (I)
		Fecha y Hora de Muestreo	2021-10-18 09:00	2021-10-18 09:00	2021-10-18 09:00	2021-10-18 09:00
		Tipo de Muestra	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Metales (Cálculo)</b>						
Mercurio	0,0002	mg/L	2,36	0,715	3,5	0,76

		Estación de Muestreo	BQ-05 (I)	BQ-06 (I)	BQ-07 (I)	BQ-08 (I)
		Fecha y Hora de Muestreo	2021-10-18 09:00	2021-10-18 09:00	2021-10-18 09:00	2021-10-18 09:00
		Tipo de Muestra	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Metales (Cálculo)</b>						
Mercurio	0,0002	mg/L	2,448	0,743	3,28	0,745

### MÉTODOS


**Mercurio:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B, 23rd Ed 2017. Metals by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry. Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method

### OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 04 de noviembre de 2021

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

  
BLGO. CATHERINE SERVAN V.  
C. B. P. N° 5634  
SUPERVISOR LABORATORIO  
MICROBIOLOGIA

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com



## ANEXO 14. Hoja de Seguridad

### HOJA DE SEGURIDAD DICROMATO DE POTASIO

**FORMULA:**  $K_2Cr_2O_7$

**COMPOSICION:** Cr: 35.38 %; K: 26.58 % y O: 38.07 %.

**PESO MOLECULAR:** 294.21 g/mol

#### GENERALIDADES:

El dicromato de potasio es un sólido cristalino naranja-rojizo, soluble en agua. A diferencia del dicromato de sodio, no es higroscópico. Sus cristales son triclinicos pinacoidales.

Es utilizado en la producción de productos pirotécnicos, explosivos, colorantes, productos para impresión, para curtido de pieles, para telas repelentes al agua, en baterías eléctricas, como oxidante en la elaboración de otros productos químicos orgánicos, en la elaboración de cerillos de seguridad, en el blanqueo de aceite de palma, ceras y esponjas, como inhibidor de corrosión, como reactivo analítico, en la industria cerámica y en la obtención de pigmentos, entre otros.

Se obtiene mediante cloruro de potasio y dicromato de sodio y por tostado de cromito y carbonato de potasio a una temperatura entre 900 y 1000 °C.

#### NUMEROS DE IDENTIFICACION:

CAS: 7778-50-9

STCC: 4941160

NA: 1479

RTECS:HX7680000

NIOSH: HX 7680000

El producto está incluido en: CERCLA.

NOAA: 4305

MARCAJE: OXIDANTE

-NA: North America. Números de identificación utilizados solo en E.U. y Canadá, para sustancias que no tienen números de ONU.

#### SINONIMOS:

BICROMATO DE POTASIO

SAL DIPOTASICA DEL ACIDO CROMICO

En alemáa:

KALIUMDICHROMAT

#### En inglés:

BICHRIMATE OF POTASH

CHROMIUM POTASSIUM OXIDE

DICHROMIC ACID DIPOTASSIUM SALT

DIPOTASSIUM BICHRIMATE

DIPOTASSIUM DICHRIMATE

POTASSIUM DICHRIMATE(VI)

IOPEZITE

#### PROPIEDADES FISICAS:

Punto de Ebullición: Se descompone a 500 °C

Punto de fusión: 398 °C

Densidad (a 25 °C respecto al agua a 4 °C): 2.676

Calor de fusión: 29.8 cal/g

Calor de disolución: -62.5 cal/g

Solubilidad: soluble en agua : una disolución saturada a 0 °C, contiene 4.3 %; a 20 °C, 11.7 %; a 40 °C, 20.9 %; a 60 °C, 31.3 %; a 80 °C, 42 % y a 100 °C, 50.2 %.

Una disolución acuosa al 1% tiene un pH de 4.04 y una al 10 % de 3.57.

#### PROPIEDADES QUIMICAS:

El dicromato de potasio reacciona violentamente con ácido sulfúrico y acetona o hidracida. Con hidroxilamina, reacciona explosivamente y con etilenglicol a 100 °C, la reacción es exotérmica.

Las mezclas de este compuesto con hierro metálico, tungsteno metálico y boro son pirotécnicas.

En general, es incompatible con agentes reductores, materiales orgánicos y con materiales combustibles que se encuentren como partículas pequeñas, pues puede haber ignición.

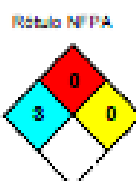
#### NIVELES DE TOXICIDAD:

RQ:10

LDLo (oral en humanos): 26 mg/Kg

LD<sub>50</sub>: (oral en ratones): 190 mg/Kg

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ACIDO CLORHIDRICO LIQUIDO



Fecha Revisión: 19/12/2005

## SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

**Nombre del Producto:** ACIDO CLORHIDRICO LIQUIDO

**Sinónimos:** Acido muriático, Cloruro de hidrógeno (cuando es gaseoso), Acido hidrociónico, Espiritus de sal

**Fórmula:** HCl

**Número Interno:**

**Número UN:** 1789

**Clase UN:** 8

**Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:** Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

**Teléfonos de Emergencia:**

## SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Acido Hidrociónico	7647-01-0	N.R. (ACGIH 2004)	Ceiling: 2 ppm (ACGIH 2004)	37
Agua	7732-18-5	N.R. (ACGIH 2004)	N.R. (ACGIH 2004)	63

**Uso:** Síntesis química, procesamiento de alimentos (jarabe de maíz, glutamato de sodio), acidificación (activación) de pozos de petróleo, reducción de minerales, decapado y limpiado de metales, acidificante industrial, limpieza en general, p. ej. de membranas en plantas de desalinización, desnaturalizante de alcohol.

## SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Líquido incoloro o ligeramente amarillo. ¡Peligro!. Corrosivo e higroscópico. Puede ocasionar severa irritación al tracto respiratorio o digestivo, con posibles quemaduras. Puede ser nocivo si se Ingiere. Produce efectos fatales de acuerdo con estudios con animales. Puede ser fatal si se Ingiere o se Inhala. Puede ser sensibilizador. Órganos blanco: sistema respiratorio, dientes, ojos, piel y sistema circulatorio.

### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

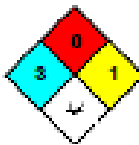
**Inhalación:** Corrosivo. Exposición ligera: irritación nasal, quemaduras, tos y sofocación. Exposición prolongada: quemaduras, úlceras en la nariz y la garganta. Si la concentración es elevada causa ulceración de la nariz y la garganta, edema pulmonar, espasmos, shock; falla circulatoria, incluso la muerte. Los síntomas del edema pulmonar pueden ser retardados.

**Ingestión:** Corrosivo. Puede generar quemaduras en la boca, garganta, esófago y estómago; náuseas, dificultad al comer, vómito, diarrea; en casos graves, colapso y muerte. Puede ser fatal en concentraciones o dosis elevadas. En caso de broncoaspiración puede causar daños graves a los pulmones y la muerte.

**Piel:** Puede causar inflamación, enrojecimiento, dolor y quemaduras, dependiendo de la concentración.

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD HIDROXIDO DE SODIO

Rotulo NFPA



Rotulos UN



Fecha Revisión: 21/03/2005

## SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

**Nombre del Producto:** HIDROXIDO DE SODIO

**Sinónimos:** Soda cáustica (anhidra), Soda cáustica en escamas, Cáustico blanco, Lejía, Hidrato de sodio.

**Fórmula:** NaOH

**Número Interno:**

**Número UN:** 1823 Sólido

**Clase UN:** 8

**Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:** Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

**Teléfonos de Emergencia:**

## SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Hidróxido de sodio	1310-73-2	N.R. (ACGIH 2004)	0.2 mg/m3 (ACGIH 2004)	99-100

**Uso:** Neutralización de ácidos, refinación del petróleo, producción de papel, celulosa, textiles, plásticos, explosivos, removedor de pinturas, limpiador de metales, electroplateado, limpiadores comerciales y domésticos, pelado de frutas y verduras en la industria de alimentos.

## SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

**Peligro:** Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con agua ácidos y otros materiales. Causa quemaduras a piel y ojos. Puede ocasionar irritación severa de tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras. En casos crónicos puede producir cáncer en el esófago y dermatitis por contacto prolongado con la piel.

### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

**Inhalación:** Irritante severo. Los efectos por la inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños del tracto respiratorio superior, dependiendo de la severidad de la exposición. Los síntomas pueden ser estornudos, dolor de garganta o goteo de la nariz. Puede ocurrir neumonía severa.

**Ingestión:** Corrosivo. La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta y estómago. Pueden ocurrir severas lesiones tisulares y muerte. Los síntomas pueden ser sangrado, vómitos, diarrea, caída de la presión sanguínea. Los daños pueden aparecer algunos días después de la exposición.

**Piel:** Corrosivo! El contacto con la piel puede causar irritación o severas quemaduras y cicatrización en las exposiciones mayores.



# HOJA DE SEGURIDAD DIFENILCARBAZIDA

## Indicador de Difenilcarbazona

### SECCIÓN 1: Identificación

#### Identificación del producto

**Nombre del producto:** Indicador de Difenilcarbazona  
**Código del producto:** DC2005-C

#### Uso recomendado del producto y restricciones al uso

**Usos relevantes identificados:** Químicos laboratorio  
**Usos no recomendados:** Sin determinar o no disponible.  
**Razones por las cuales se aconseja no utilizarlo:** Sin determinar o no disponible.

#### Detalles del fabricante o proveedor

<b>Fabricante:</b>	<b>Proveedor:</b>
<b>United States</b>	<b>United States</b>
AquaPhoenix Scientific	AquaPhoenix Scientific, Inc
860 Gitts Run Road	860 Gitts Run Road
Hanover	Hanover
PA 17331	PA 17331
(717) 632-1291	(717) 632-1291

#### Número de teléfono para emergencias:

**United States**

Teléfono de emergencia nro.: 800-255-3924

### SECCIÓN 2: Número de identificación de riesgo(s)

#### Clasificación GHS:

Líquidos inflamables, categoría 3  
Irritación los ojos, categoría 2A  
Toxicidad específica en órgano diana - exposición individual, categoría 3, sistema nervioso central

#### Elementos del rótulo

##### Pictogramas de peligro:



**Palabra señal:** Advertencia

#### Declaraciones de peligro:

H226 Líquido y vapor inflamable.  
H319 Causa irritación ocular grave.  
H315 Provoca irritación cutánea.  
H336 Puede causar somnolencia o mareos.

#### Declaraciones de precaución:

P210 Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. No smoking.  
P233 Mantener el recipiente bien cerrado.  
P240 Conectar a tierra los recipientes y equipo receptora.  
P241 Utilizar equipo eléctrico/de ventilación/de iluminación a prueba de explosión.  
P242 Utilizar solo herramientas que no produzcan chispas.

# HOJA DE SEGURIDAD ACIDO ACETICO

S.A. de C.V.

## 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

MSDS: Acido acético glacial  
CAS No.: 64-19-7  
UN No.: 2789

Distribuidor:  
Química Delta S.A. de C.V.  
Teoloyucan – Huehuetoca No. 250  
Sta. Ma. Caliacac, Teoloyucan  
Telefono: 58-90-94-00  
Telefono de Emergencia: 01-800-00-214-00

## 2. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

Revisión de la Emergencia

Peligros OSHA  
Combustibles Sólidos, Efecto del órgano de blanco, Corrosivo

Organos diana  
Dientes, Riñón Dientes, Riñón

Clasificación SGA  
Líquidos Inflamables (Categoría 3)  
Toxicidad aguda, Oral (Categoría 5)  
Toxicidad aguda, Inhalación (Categoría 3)  
Toxicidad aguda, Cutáneo (Categoría 4)  
Corrosión cutáneas (Categoría 1A)  
Lesiones oculares graves (Categoría 1)  
Sensibilización cutánea (Categoría 1)  
Toxicidad acuática aguda (Categoría 3)

Elementos de las etiquetas del SGA, incluidos los consejos de prudencia

Pictograma



Palabra de advertencia

Peligro

Indicación(es) de peligro

H226 Líquidos y vapores inflamables.  
H303 Puede ser nocivo si es tragado.  
H312 Nocivo en contacto con la piel.  
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.  
H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.  
H331 Tóxico en caso de inhalación.  
H402 Nocivo para los organismos acuáticos.

Declaración(es) de prudencia

P261 Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.  
P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

